

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-72750

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月16日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 27/42

G 0 2 B 27/42

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平9-249612

(22) 出願日 平成 9 年(1997) 8 月29日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(71) 出願人 593162453

技術研究組合新情報処理開発機構

東京都千代田区東神田2-5-12 龍角散ビル8階

(72) 発明者 佐々木 浩紀

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内

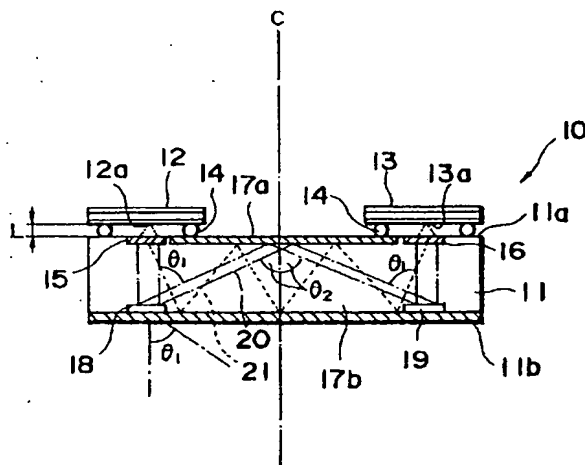
(74) 代理人 弁理士 佐藤 幸男 (外1名)

(54) 【発明の名称】 自由空間光配線用光学装置

(57) 【要約】

【課題】 光学基板内での反射による損失が比較的少なくレイアウトの自由度が高められる自由空間光配線用光学装置を提供する。

【解決手段】 光の透過を許す光学基板11と、光学基板11内に光源12aからの光を案内すべく該光学基板に設けられ、光源12aからの光を平行化するコリメート機能を有する第1のCGH素子15と、該CGH素子を経た平行光を光学基板11の外へ向けて集光させる集光機能を有する第2のCGH素子16とを備える自由空間光配線用光学装置10において、第1のCGH素子15から第2のCGH素子16に至る光学基板11内の光路20に、該光路を屈曲させるための偏向機能を有する第3のCGH素子18を配置する。



本発明に係る光学装置の具体例1

(2)

特開平11-72750

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の透過を許す光学基板と、該光学基板内に光源からの光を案内すべく該光学基板に設けられ、前記光源からの光を平行化するコリメート機能を有する第1のCGH素子と、該CGH素子を経て平行光を前記光学基板の外へ向けて集光させる集光機能を有する第2のCGH素子とを備える自由空間光配線用光学装置であって、前記第1のCGH素子から第2のCGH素子に至る光学基板内の光路に、該光路を屈曲させるための偏向機能を有する第3のCGH素子が配置されていることを特徴とする自由空間光配線用光学装置。

【請求項2】 前記光学基板は、互いに平行な一対の平面を備え、その一方の平面に前記第1および第2のCGH素子が設けられており、前記両平面の前記第1および第2のCGH素子領域を除く部分には、前記光学基板内の光を反射するための反射手段が設けられている請求項1記載の自由空間光配線用光学装置。

【請求項3】 前記第1および第2のCGH素子は偏向機能を有さず、第3のCGH素子は、それぞれ第1および第2のCGH素子の直下で該各CGH素子に対応して対をなして配置されていることを特徴とする請求項2記載の自由空間光配線用光学装置。

【請求項4】 前記第1および第2のCGH素子と、該各CGH素子に対応する前記第3のCGH素子とは、前記光源からの光を平行化するためのコリメート機能を分担していることを特徴とする請求項3記載の自由空間光配線用光学装置。

【請求項5】 前記第1および第2のCGH素子は、コリメート機能または集光機能に加えて、偏向機能を有し、前記第3のCGH素子は、前記一方の平面に、前記第1および第2のCGH素子間で、対をなして設けられている請求項2記載の自由空間光配線用光学装置。

【請求項6】 第3のCGH素子は、それぞれが対をなす複数の組を構成すべく前記第1および第2のCGH素子間に、設けられている請求項5記載の自由空間光配線用光学装置。

【請求項7】 前記対をなして設けられる第3のCGH素子のそれぞれは集光機能を有し、両第3のCGH素子はリレーレンス系を構成する請求項5記載の自由空間光配線用光学装置。

【請求項8】 前記リレーレンス系が対をなして対称的に前記第1および第2のCGH素子間に設けられている請求項7記載の自由空間光配線用光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、いわゆるオプトエレクトロニクスの回路の一部として使用するのに好適な自由空間光配線用光学装置に関し、特に、計算機プログラム（以下、単にCGH素子と称する。）を用いたパッケージ型光学装置に関する。

2

【0002】

【従来の技術】 オプトエレクトロニクス回路のコンパクト化のために、パッケージ型の自由空間光配線用光学装置が提案されている。この自由空間光配線用光学装置は、例えば光源側となるオプトエレクトロニクスチップモジュールと受光側となるオプトエレクトロニクスチップモジュールとを光学的に結合するのに使用される。これらのオプトエレクトロニクスチップモジュールは、光電変換素子と電気論理回路とが半導体チップ上に集積化して形成され、それぞれが独立した機能を有するサブシステムを構成する。

【0003】 前記光学装置は、ガラスあるいはシリコンのような光の波長に応じてその透過を許す光学基板を備える。この光学基板の互いに平行な一対の平面の一方の面には、光源側となる第1のオプトエレクトロニクスモジュールチップ（以下、第1のモジュールチップと称する。）および受光側となる第2のオプトエレクトロニクスモジュールチップ（以下、第2のモジュールチップと称する。）がそれぞれ発光部および受光部を光学基板へ向けて、固定的に配置される。

【0004】 光学基板の前記した一方の面には、第1のチップモジュールおよび第2のチップモジュールにそれぞれ対応して入射側となる第1のCGH素子および出射側となる第2のCGH素子が設けられている。また、光学基板の両平面には、第1のCGH素子を経て光学基板内に案内された第1のチップモジュールからの光を光学基板内でその板厚方向へ角度的に反射させて第2のCGH素子に導くための反射手段が適宜形成されている。

【0005】 従って、従来の前記した光学装置によれば、第1のチップモジュールからの光は、第1のCGH素子を経て光学基板内に案内され、さらに、該光学基板の両平面に形成された反射手段により光学基板内のジグザグ経路に沿って、第2のCGH素子に案内され、この第2のCGH素子を経て第2のチップモジュールに案内されることから、両チップモジュールを光学的に結合することができる。

【0006】 第1のチップモジュールからの光を受ける光学素子および第2のチップモジュールへ光を放射する光学素子として、CGH素子が用いられている。CGH素子は、後述するように、所望の光学特性を示す光路差関数から導き出されるテイラー展開近似式の光路差係数をコンピュータ処理して得られるマスクパターンを用いたレンズ材料のエッチング処理により形成される。

【0007】 このことから、所望の光学特性として、第1のCGH素子に、光源である第1のチップモジュールからの発散球面波光を平行光束に変換するコリメート機能およびこの平行光束を第2のCGH素子の方向へ偏向させる偏向機能という2つの光学機能を付与することができ、また第2のCGH素子に、平行光束を第2のチップモジュールの受光部へ向けて偏向させる偏向機能およ

(3)

特開平11-72750

3

び当該受光部へ集光させる集光機能という2つの光学機能を付与することができることから、これらCGH素子を組み込んだ前記光学装置では、そのコンパクト化が可能となる。

【0008】ところで、CGH素子の製造では、前記したとおりマスクパターンを用いたエッチング処理工程が採用されており、このマスクパターンの最小線幅は、CGH素子の性能に直接的な影響を受ける。すなわち、CGH素子に偏向機能と、コリメート機能または集光機能という2つの機能を多重的に付与しようとするとき、偏向機能に大きな偏向角度を付与しようとする、マスクパターンの最小線幅は、フォトリソグラフィプロセスでの解像度の限界を超える程に小さな値になることがある。そのため、第1および第2のCGH素子に与える偏向機能についてその偏向角度に製造上の強い制限を受けている。

【0009】従来の前記装置では、第1のCGH素子で偏向を受けた光は、新たな偏向を受けることなく直接的に反射手段に導かれることから、反射手段での反射角は、このCGH素子の偏向角度にのみ依存する。このために、従来の前記装置では、第1および第2のCGH素子の偏向角度が小さいと、反射手段による反射角度も小さくなることから、所定の間隔において配置された両CGH素子間で、反射手段による光学基板の板厚方向への反射の繰り返し回数が多くなり、その結果、反射損失が大きくなる。従って、反射による光の損失を防止するには、でき得る限り、反射手段による反射回数を少なくすることが望ましい。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記したとおり、各CGH素子の偏向角度には、製造上の制約を受けることから、第1および第2のCGH素子に反射回数の低減を図るほどに大きな偏向角度を与えることができない。また、これとは逆に、反射回数の増大を招くことなく両チップモジュールに対応して配置される両CGH素子間の間隔を増大させることはできず、設計上、チップモジュールのレイアウトに強い制約を受けることがあった。

【0011】そこで、本発明は、光学基板内での反射による損失が比較的少ない、あるいはレイアウトの自由度を高めることのできる自由空間光配線用光学装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、以上の点を解決するために、次の構成を採用する。

（構成）本発明は、光の透過を許す光学基板と、該光学基板内に光源からの光を案内すべく該光学基板に設けられ、前記光源からの光を平行化するコリメート機能を有する第1のCGH素子と、該CGH素子を経た平行光を前記光学基板の外へ向けて集光させる集光機能を有する

4

第2のCGH素子とを備える自由空間光配線用光学装置において、第1のCGH素子から第2のCGH素子に至る光学基板内の光路に、該光路を屈曲させるための偏向機能を有する第3のCGH素子を配置したことを特徴とする。

【0013】（作用）本発明に係る自由空間光配線用光学装置では、光源側からの光を平行化するコリメート機能を有する第1のCGH素子と該第1のCGH素子により平行化された平行光路を受光側へ集光させる集光機能を有する第2のCGH素子との間に挿入された第3のCGH素子が、第1および第2のCGH素子の偏向機能の少なくとも一部を担う。このことから、第1および第2のCGH素子に大きな偏向機能を担わせることなく、第3のCGH素子に第1および第2のCGH素子の偏向機能を分担させ、あるいは第3のCGH素子にのみ偏向機能を担わせることができる。

【0014】そのため、第1および第2のCGH素子に従来のような大きな偏向機能を期待することなく、第3のCGH素子の偏向機能により、光学基板内での光の偏向角度を従来よりも大きくすることができる。これにより、第1および第2のCGH素子間の間隔を所定値に保持させたとき、従来と比較して光学基板内での反射回数を低減させることが可能となり、また反射回数を所定値に保持したとき、第1および第2のCGH素子間の間隔を従来と比較して大きく設定することが可能となる。

【0015】従って、本発明によれば、反射による損失の低減が防止され、あるいはレイアウトの自由度が高められた自由空間光配線用光学装置が提供される。

【0016】前記光学基板は、従来におけると同様な互いに平行な一対の平面を備える基板を用いることができ、その一方の平面に従来におけると同様に、第1および第2のCGH素子を設けることができ、光学基板の前記両平面の前記第1および第2のCGH素子領域を除く部分に従来におけると同様な反射手段を設けることができる（請求項2に対応）。

【0017】前記第1および第2のCGH素子に偏向機能を担わせず、コリメート機能のみを付与し、第3のCGH素子をそれぞれ第1および第2のCGH素子の直下で該CGH素子に対応して対をなして配置することができる（請求項3に対応）。光学基板内の屈折角度が、第1および第2のCGH素子の偏向機能にのみ、依存していた従来の前記装置では、第1および第2のCGH素子による最大偏向角度は、光学基板がガラス材料からなるとき、ほぼ15度であったのに比し、本願によれば、この第3のCGH素子に、偏向機能のみを付与することにより、ほぼ45度の最大偏向角度を得ることができる。

【0018】第1および第2のCGH素子と、該CGH素子に対応する前記第3のCGH素子とに、光源からの光を平行化するためのコリメート機能を分担させるこ

(4)

特開平11-72750

5

とができる(請求項4に対応)。このコリメート機能の分担により、光源からの光を受ける第1のCGH素子の開口面積の増大を図ることができ、これにより、光源からの集光光の増大を図ることができることから、光学装置の特性を高めることができる。

【0019】第1および第2のCGH素子に、第3のCGH素子の偏向機能の一部を担わせることができる(請求項5に対応)。第1および第2のCGH素子に偏向機能の一部を担わせることにより、光学基板の第1および第2のCGH素子が設けられたと反対側の平面に設けられた反射手段での反射光が第3のCGH素子に入射するように、この第3のCGH素子を光学基板の第1および第2のCGH素子が設けられたと同一側の平面に設けることができ、光学基板の一方の平面への加工作業により第1、第2および第3のCGH素子を一括的に形成することが可能となる。

【0020】第3のCGH素子が対をなして配置される時、対をなす複数組の第3のCGH素子を第1および第2CGH素子間に配置することができる(請求項6に対応)。この複数組の対を構成する第3のCGH素子を適用することにより、第1および第2のCGH素子間の長距離に対応することが可能となる。また、反射回数の低減を図ることが可能となる。

【0021】また、一对の第3のCGH素子のそれぞれに集光機能を与えることにより、この一对の第3のCGH素子の

$$\rho(x, y) = \sum C_n x^n y^n$$

で示される多項式に変換される。この多項式 $(\sum C_n x^n y^n)$ の係数 C_n は、光路差係数と呼ばれている。nおよび

$$N = \{(m+n)^2 + m + 3n\} / 2$$

が成り立つ。

【0025】この光路差係数 C_n を2次元テイラー展開により求めたテイラー展開近似式の各項係数として求め、CADプログラムに代入することにより、フォトリソグラフィによって所望形状を得るのに必要なフォトリソグラフィ用マスクのパターンを生成させることができる。このようなCADプログラムの一例として、アメリカ合衆国カリフォルニア州に在るNIP社のCgH-CADがある。

【0026】このCADプログラムでは、データ処理の容量の関係から、mとnとの和が10以下であり、かつNが65以下である条件が付されている。従って、所望の光学特性を示す光路差関数 $\rho(x, y)$ を求め、この光路差関数 $\rho(x, y)$ の各光路差係数 C_n ($C_0 \sim C_{65}$)を求めた後、そのデータをCADプログラムに代入することにより、所望の回折光学特性を示すCGH素子のためのマスクパターンを求めることができる。

【0027】各位相係数 $C_n \sim C_{65}$ は、2次元光路差関数 $\rho(x, y)$ をx軸およびy軸に関して2次元テイラー展開し、その10次の項までの近似式から、求めることができる。この関係が、図2に示された式(3)で表

* H素子により、第1および第2のCGH素子間に、リレーレンズ系を挿入することができる(請求項7に対応)。このリレーレンズ系の挿入により、前記したと同様な第1および第2のCGH素子間の長距離化に対応することが可能となる。また、反射回数の低減を図ることが可能となる。さらに、リレーレンズ系の結像作用により、回折による像の拡大現象を効果的に抑制することができる。

【0022】対をなす複数のリレーレンズ系を対称的に、第1および第2のCGH素子間に挿入することができる(請求項8に対応)。

【0023】さらに、リレーレンズ系を構成する第3のCGH素子に、それぞれが複数の第1および第2のCGH素子により規定される複数の光路の光に対して、一括的に作用するような大口徑を与えることにより、リレーレンズ系をいわゆるハイブリッドで構成することができる。また、一对のリレーレンズ系間に、さらに偏向機能を有する他の第3のCGH素子を挿入することができ

る。

【0024】本発明の實施の形態についての説明に先立ち、本発明に係るCGH素子の製造手順を概説する。CGH素子の製造には、CADが用いられており、所望の回折光学特性を示すCGH素子内の光の位相差関数が求められる。この位相差関数は、光路差関数 $\rho(x, y)$ と呼ばれている。光路差関数 $\rho(x, y)$ は、次式

$$\dots (1)$$

* ρ_m はそれぞれ正の整数であり、この係数 C_n は位相係数とも呼ばれている。Nとm、nとの間には、次式

$$\dots (2)$$

30 されている。式(3)の右辺の第2項の Δ は、テイラー展開の余剰項であり、無視し得る程に十分に小さな値である。

【0028】図3ないし図9は、式(3)を展開して求めた各位相係数 $C_n \sim C_{65}$ 、すなわち光路差係数 $C_n \sim C_{65}$ を、光路差関数の一般式 $\rho(x, y)$ の関係式として、整理して示す説明図である。所望の光学特性を示す光路差関数 $\rho(x, y)$ を求め、この光路差関数 $\rho(x, y)$ から、図3～図9に示す光路差係数すなわち位相係数 $C_n \sim C_{65}$ を求め、これらの値を前記したCADプログラムに代入することにより、所望の回折光学特性を示す計算機プログラムのためのマスク条件を求めることができる。このマスクパターンに沿って、必要枚数のマスクを製作し、これらのマスクの組み合わせによるフォトリソグラフィ法を用いたレンズ材料のエッチング処理により、所望の回折光学特性を示すCGH素子が得られる。

【0029】

【発明の實施の形態】以下、本発明を図示の實施の形態について詳細に説明する。

(具体例1) 図1は、本発明に係る光学装置を概念的に

(5)

特開平11-72750

7

8

示す断面図である。本発明に係る光学装置10は、例えば光学ガラス材料からなり、互いに平行な一対の平面11aおよび11bを有する平板状の光学基板11を備える。光学基板11は、取り扱う光の波長に応じて、その波長に対して高い透光性を示す材料、例えばシリコン基板等を用いることができる。

【0030】光学基板11の一方の平面11aすなわち表面11aには、例えば光源側となる第1のチップモジュール12と、受光側となる第2のチップモジュール13とが、それぞれの発光部12aおよび受光部13aを光学基板11に対向させるように、かつ相互に間隔をおくように、それぞれのパンプ14を介して、位置決められている。各パンプ14は、従来よく知られているように、光学基板11の表面11aに形成された図示しないプリント配線部に接続されることにより、各チップモジュール12および13の接続端子を兼ねている。

【0031】光学基板11の表面11aには、光源たる第1のチップモジュール12の発光部12aからの球面発散光を受ける第1のCGH素子15が発光部12aの直下に位置するように、形成されている。また、表面11aの第2のチップモジュール13の受光部13aの直下には、第2のCGH素子16が形成されている。

【0032】第1および第2のチップモジュール12および13が形成された表面11aのこれらモジュール12および13を除く領域には、例えば多層構造を有する誘電体膜からなる反射手段17aが形成されている。さらに、光学基板11の他方の平面である裏面11bには、表面11aに形成されたと同様な反射手段17bがほぼ一様に形成されている。これら反射手段17aおよび17bは、例えばアルミニウムのような金属薄膜で構成することができる。

【0033】また、光学基板11の裏面11bにおける各CGH素子15および16の直下位置には、反射手段17bの形成領域に重複して、それぞれ第3のCGH素子18および19が形成されている。第3のCGH素子18および19は光学基板11に埋設されるように、その裏面11bに形成されており、第3のCGH素子18および19を覆うように、反射手段17bが形成されている。

【0034】第1のCGH素子15は、発光部12aからの球面発散光を平行化するコリメート機能を有し、図1に示す具体例1では、偏向機能を与えられていない。従って、発光部12aからの発散光は、第1のCGH素子15を経ることにより、該第1のCGH素子の直下に配置された一方の第3のCGH素子18への平行光束に*

*変換される。

【0035】第1のCGH素子15からの平行光束を受ける第3のCGH素子18は、偏向機能のみを与えられている。従って、第3のCGH素子18は、比較的大きな偏向角度 θ_1 で第1のCGH素子15からの平行光束をその進行方向に偏向させるが、この第3のCGH素子18の表面を覆う反射手段17bにより、その反射面を中心とする対称方向へ反射される。

【0036】その結果、第1のCGH素子15からの平行光束は、偏向角度 θ_1 で光学基板11の表面11aへ向けて屈折される。表面11aへ向けて屈折された平行光束は、両チップモジュール12および13の中間位置を過ぎ仮想線Cの横断位置で、反射手段17aにより角度 θ_2 で反射を受ける。反射手段17aで反射を受けた平行光束は、第2のCGH素子の直下に配置された他方の第3のCGH素子19へ向けられる。

【0037】反射手段17aからの反射平行光束を受ける他方の第3のCGH素子19は、一方の第3のCGH素子18と光学的に等価であり、その表面を覆う反射手段17bと共同して、角度 θ_1 で入射する反射手段17aからの平行光束を第3のCGH素子19の直上に配置された第2のCGH素子16に案内する。

【0038】第3のCGH素子19から平行光束を受ける第2のCGH素子16は、第1のCGH素子15におけると同様に、偏向機能を与えられておらず、光学基板11の外方に位置する第2のチップモジュール13の受光部13aへ平行光束を集光させるための集光機能のみが与えられている。

【0039】従って、光学基板11内には、両チップモジュール12および13の中間位置を通る仮想線Cを対称軸とする対称的な光路が形成される。

【0040】前記したような対称的な光路を規定するための第1のCGH素子15と第2のCGH素子16とは、光学的に等価であり、また両第3のCGH素子18および19は、光学的に相互に等価である。

【0041】図10は、第1のCGH素子15の光学特性を示す説明図である。説明の簡素化のために、CGH素子15は、z軸上にあり、その厚さ寸法は、無視できる程に十分に小さな値とする。この仮定は、位相係数C₀の算出の上で、一般性を損なうものではない。CGH素子15は、図10に示されているように、z軸上の点光源sからの発散球面を、z軸と平行な平行光束に変換する。

【0042】第1のCGH素子15の光路差関数 ρ

(x, y)は、次式で与えられる。

$$\rho(x, y) = \{X^2 + Y^2 + L^2\}^{1/2} - L \quad \dots (5)$$

(4-65)に代入することにより、得られる。図11および図12には、それらの演算結果が、零の値の項を除く各項C₀を整理して示されている。

【0044】図11および12に示された光路差係数す

ここで、Lは光源から原点までの距離であり、焦点距離fに等しい。

【0043】第1のCGH素子15のための位相係数C₀は、式(5)を図3～図9に示した式(4-0)～式

なわち位相係数 C を用いたCADプログラムの実行により、第1のCGH素子15のためのマスクデータを得ることができ、そのマスクを用いて第1のCGH素子15が形成される。

【0045】第2のCGH素子16は、図10に示す光学特性について、入射側と出射側とを反転する。すなわち点光源 s を結像点とすることにより、第1のCGH素子15に等価と見なせる。従って、第2のCGH素子16は、前記した第1のCGH素子15と同様に、得ることができる。

【0046】次に、図13に第3のCGH素子18の光*

$$\rho(x, y) = -(\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad \dots (6)$$

で表される。従って、式(6)を図3～図9に示した式(4-0)～式(4-65)に代入することにより、第3のCGH素子18のための位相係数 C が求められる。図14には、それらの演算結果が、零の値の項を除く各項 C を整理して示されている。

【0049】図14に示された光路差係数すなわち位相係数 C を用いたCADプログラムの実行により、一方の第3のCGH素子18のためのマスクデータを得ることができ、そのマスクを用いて第3のCGH素子18が形成される。

【0050】また、他方の第3のCGH素子19についての光路差関数 $\rho(x, y)$ は、式(6)の右辺の符号を負から正に変換することにより得られる。従って、CGH素子18を得ると同様な手順により、第3のCGH素子19を得ることができる。

【0051】前記した具体例1の光学装置10では、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16には、偏向機能が与えられておらず、第1のCGH素子15については発散光を平行化するコリメート機能が与えられており、また第2のCGH素子16については、平行光束を集光する機能が与えられている。また、第3のCGH素子18および19には、偏向機能のみが与えられている。このような単一機能を有するCGH素子を得るための前記したマスクパターンの最小幅は、複合機能を有するそれと比較して大きな値を示す。

【0052】そのため、第1のCGH素子にコリメート機能および偏光機能を付与する従来装置では、第1のCGH素子の最大偏向角度が約15度であり、この偏向角

【0053】これに対し、本願発明では、偏向機能を有する第3のCGH素子18および19は、偏向機能のみを与えられていることから、その偏向角 θ_1 を従来のそれより大きく設定しても、この第3のCGH素子18および19を得るためのマスクパターンの最小幅寸法は、このマスクパターンを使用して行うフォトリソグラフィプロセスでの解像度を越えるほどに小さくなることはな

$$\rho(x, y) = (X^2 + Y^2 + f^2)^{1/2} - f \quad \dots (7)$$

【0059】第1のCGH素子15のための位相係数 C

*学特性を示す。図10におけると同様に、説明の簡素化のために、CGH素子18は、 z 軸上にあり、その厚さ寸法は、無視できる程に充分に小さな値とする。CGH素子18は、図10に示されているように、原点を通りかつ X 軸および Y 軸を含む平面内にあると仮定する。CGH素子18への入射平行光束は、 z 軸に平行であり、出射平行光束は、原点を通るベクトル成分 (α, β, γ) に平行である。

【0047】この第3のCGH素子18の光路差関数 ρ

(x, y) は次式、

【0048】

※、

【0054】このことから、本発明に係る第3のCGH素子18および19では、約45度を越える大きな値の偏向角度を設定することが可能となる。従って、第1のチップモジュール12および第2のチップモジュール13間の光学基板11内での光路20を短縮するについて、図中破線で示す従来の光路21と比較して、反射手段17aおよび17bによる反射回数の低減をはかることにより、反射損失の低減を図ることが可能となる。

【0055】また、これとは逆に、反射回数を同一に保持することにより、第1のチップモジュール12および第2のチップモジュール13間の距離を従来よりも大きく設定することができ、これにより、レイアウトの自由度が増す。

【0056】さらに、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16についても、偏向機能が与えられていないことから、第3のCGH素子におけると同様に、マスクパターンの最小幅寸法を増大させることができることから、レンズの開口径を従来と比較して大きく設定することが可能となる。これにより、従来よりも開口数の大きな光源に適応させることが可能となる。

【0057】(具体例2)図15に示す具体例2の光学装置110は、各CGH素子15、16、18および19の光学特性についての後述する相違点を除いて、基本的には、具体例1と同様な構成を有する。具体例1に示された光学装置10と同様な機能部分には、これと同一の参照符号が付されている。

【0058】図16は、具体例2のCGH素子15および18の光学特性を示す説明図である。具体例1における第1のCGH素子15は、その焦点距離 f に等しい距離 l を隔てた点に光源 s が位置した。これに対し、具体例2では、焦点距離 f よりも短い距離 l に光源 s が配置されている。そのため、具体例2の第1のCGH素子15についての光路差関数 $\rho(x, y)$ は、その焦点距離を f とすると、次式で与えられる。

※、は、式(7)を図3～図9に示した式(4-0)～式

(4-65)に代入して得られる。図17および図18には、それらの演算結果が、各頂C.を整列して示されている。

【0060】従って、前記したと同様な手順によって求められたマスクパターンを用いたフォトリソプロセスにより、第1のCGH素子15が形成される。また、このCGH素子15と光学的に等価の第2のCGH素子16は、このCGH素子15と同様に、形成することができる。

【0061】具体例2では、図15および図16に示したとおり、焦点距離fよりも短い距離で光源sからの発散光を受ける。そのため、第1のCGH素子15から第3のCGH素子18へ向かう光は完全な平行光束とはならず、僅かな広がり角度で拡がる発散光となる。*

$$\rho(x,y) = \{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2\}^{1/2} - 1 - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (8)$$

ここで、虚像点(X, Y, Z)から第2のCGH素子16までの距離lは、次式で示される。

$$l = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \quad (9)$$

【0065】従って、第2のCGH素子16のための位相係数C.は、式(8)を図3～図9に示した式(4-0)～式(4-65)に代入して得られる。図19～図24には、それらの演算結果が、各頂C.を整列して示されている。

【0066】従って、前記したと同様な手順によって求められたマスクパターンを用いたフォトリソプロセスにより、第2のCGH素子16が形成される。また、他方の第3のCGH素子19は、一方の第3のCGH素子18についての光路差関数 $\rho(x, y)$ の式(8)の右辺の第3項の符号を負から正に変換することにより得られる。従って、CGH素子18を得ると同様な手順により、他方の第3のCGH素子19を得ることができる。

【0067】具体例2の光学装置110によれば、第3のCGH素子18および19に偏向機能に加えて、補助的にコリメート機能が付加されることから、具体例1におけるほどに大きな偏向角を確保することはできない。しかしながら、具体例2によれば、従来に比較して、十分に大きな偏向角度を確保することができる上、第1のCGH素子15の実質的な開口面積の増大を図ることが*

$$\rho(x,y) = \{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2\}^{1/2} - 1 - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (10)$$

式(10)でLは光源から原点までの距離であり、焦点距離fに等しい。この式(10)で表される光路差関数を図3～図9の各式(4-0)～式(4-65)に代入して、得られた結果が図27に整理して示されている。

【0071】従って、図27に示された光路差係数すなわち位相係数C.を用いたCADプログラムの実行により、第1のCGH素子15のためのマスクデータを得ることができ、そのマスクを用いて第1のCGH素子15が形成される。また、このCGH素子15と等価の第2のCGH素子16も同様に、形成される。

【0072】再び図25を参照するに、第1のチップモ

*【0062】具体例2では、第1のCGH素子15のコリメート機能の不足を第2のCGH素子16で補う。すなわち、第2のCGH素子16には、具体例1に示したCGH素子16の偏向機能に加えて、距離lを隔てた光源からの光を平行光束に変換するコリメート機能が付加されている。

【0063】この補助コリメート機能を与えられた第2のCGH素子16がその中心を2軸に一致させ、x-y平面上にあるとすると、図16を参照するに、第2のCGH素子16は、虚像点(X, Y, Z)からの発散球面波を平行化すなわちコリメート化した後、(α , β , γ)方向に偏向させる。この第2のCGH素子16の光路差関数 $\rho(x, y)$ は、次式で示される。

$$\rho(x,y) = \{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2\}^{1/2} - 1 - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (8)$$

※6の中心までの距離lは、次式で示される。

$$l = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \quad (9)$$

★できることから、光源sからの光束の捕捉をより有効に行うことができ、これにより光学装置10の光学特性の向上を図ることができる。

【0068】(具体例3)図25に示す具体例3の光学装置120では、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16に、従来におけると同様に、コリメート機能または集光機能に加えて、偏向機能が付加されている。また、光路20に配置される第3のCGH素子18および19は、光学基板11の第1のCGH素子15および16が配置された面と同一の表面11aに形成されている。

【0069】図26は、具体例3に示された第1のCGH素子15の光学特性を示す説明図である。図26に示す第1のCGH素子15は、z軸上の点光源sからの発散球面波を原点を通る所望の光のベクトル成分(α , β , γ)に平行な平行光束に変換する。点光源sは、z軸上で原点から距離Lを隔てた位置に存在する。この第1のCGH素子15の光路差関数 $\rho(x, y)$ は、次式で与えられる。

$$\rho(x,y) = \{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2\}^{1/2} - 1 - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (10)$$

ジュール12の発光部12aからの球面発散光は、第1のCGH素子15を経ることにより、該CGH素子のコリメート機能により平行光束に変換され、また偏向機能により偏向を受ける。第1のCGH素子15を経て偏向を受けた平行光束は、反射手段17bにより第3のCGH素子18に入射する。

【0073】この反射手段17bからの平行光束を受ける第3のCGH素子18の光学特性が図28に示されている。図28に示される特性を有する第3のCGH素子18は、任意の偏向角度を持つ平行光束を任意の偏向角度を持つ平行光束に偏向するプリズムと同じ機能を果たす。

(8)

特開平11-72750

13

14

す。入射平行光束は、原点を通る光のベクトル成分 (α, β, γ) に平行であり、出射平行光束は、原点

を通るベクトル成分 $(\alpha', \beta', \gamma')$ に平行である。 (x, y) は次式、

$$\rho(x, y) = (\alpha, x + \beta, y) / (\alpha, x + \beta, y)' - (\alpha, x + \beta, y) / (\alpha, x + \beta, y)' \quad (11)$$

で表される。

【0075】式(11)を式(4-0)～式(4-6)に代入して光路差関数 $\rho(x, y)$ についての各光路差係数の演算結果を整理すると、式(11)は、 x および y の1次式であることから、それらの偏微分によって得られる項は、図29に示されるとおり、項C、 $\sim C$ に過ぎない。

【0076】従って、図29に示される光路差係数C、 $\sim C$ 、の各値を光路差係数C、として、前記したと同様のCADプログラムの実行により、第3のCGH素子18のためのマスクパターンが得られる。

【0077】前記したようなプリズム機能すなわち偏向機能を有する第3のCGH素子18により、該CGH素子に入射する平行光束を比較的大きな偏向角度で偏向させることができ、また第3のCGH素子18を覆う反射手段17aにより、再び反射手段17bへ向けて反射される。

【0078】反射手段17aに向けての反射光は、再度、反射手段17bにより反射を受けて他方の第3のCGH素子19に入射する。このCGH素子19での偏向および反射手段17aによる反射による光路差20は、中心線Cを対称軸として、対称的に形成される。

【0079】従って、一方の第3のCGH素子18と対をなす他方の第3のCGH素子19は、CGH素子18におけると同様な手順により、形成することができ、また第1のCGH素子15と光学的に等価な第2のCGH素子16は第1のCGH素子15と同様に形成される。

【0080】図25に示す具体例3の光学装置120では、第1および第2のCGH素子15および16が従来におけると同様に、偏向機能を有する。しかしながら、光学基板11内の光路20に、偏向機能を有する第3のCGH素子18および19が配置されていることから、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16の偏向機能にのみ依存することなく、光学基板11内の光路20の屈折角を第3のCGH素子18および19の偏向機能により、反射角の規制を受けることなく、大きく設定することができる。

【0081】また、具体例3では、第1のCGH素子15、第2のCGH素子16、第3のCGH素子18および19の各CGH素子が光学基板11の表面11aに形成されている。従って、光学基板11の両面にCGH素子のための加工を施す必要はなく、エッチング技術により、表面11aに各CGH素子15、16、18および19を一括的に形成することができることから、製造工程の簡素化を図ることが可能となる。

【0074】この第3のCGH素子18の光路差関数 ρ

(x, y) は次式、

【0082】(具体例4) 図30は、具体例4の光学装置130を部分的に拡大して示す。具体例3では、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16間の光路20に、一対の第3のCGH素子18および19を挿入した例を示したが、さらに、一対の第3のCGH素子18および19間に、同様な対をなす第3のCGH素子18'および19'を挿入することができる。

【0083】具体例4では、第3のCGH素子18は入射角度 θ_1 で入射する平行光束を出射角度 θ_2 に偏向させる。また、第3のCGH素子18'は入射角度 θ_2 で入射する平行光束を出射角度 θ_3 に偏向させる。また、第3のCGH素子19および19'は、中心線Cを対称軸とする対称的な光路20が形成されるように、偏向機能が与えられている。

【0084】3組以上の対をなす第3のCGH素子を用いることができ、対をなす第3のCGH素子を多段配置することにより、より有効的に、反射回数の低減あるいは第1のチップモジュール12および第2のチップモジュール13間の結合長距離の増大を図ることができる。

【0085】(具体例5) 具体例1～4では、第3のCGH素子が1本の平行光束を偏向させる例を示したが、具体例5の光学装置140として図31に示されているように、複数の平行光束により、相互に平行な光路20(20a、20bおよび20c)が取りかわれるとき、各第3のCGH素子18および19を、いわゆるハイブリッド構成とすることにより、これらの複数の平行光束を一括的に偏向させることができる。

【0086】(具体例6) 図32に示す具体例6の光学装置150では、一対の第3のCGH素子18および19がリレーレンズ系を構成する。このリレーレンズ系を構成する第3のCGH素子18および19は、図33(a)に示されるとおり、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16との共焦条件を満たす。

【0087】共焦条件を満たす光学系の光線行列式が図33(b)に示されている。従って、発光部12aからの発散光を平行化するコリメート機能を有する第1のCGH素子15と、平行光束を受光部13aへ集光する集光機能を有する第2のCGH素子16との間に、焦点距離fを有する両第3のCGH素子18および19を、図33(a)に示されるとおり配置することにより、前記したリレーレンズ系を構成することができる。

【0088】具体例6の光学装置150では、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16は、前記したコリメート機能または集光機能に加えて、偏向機能を有する。このようなCGH素子15および16は、図25

15

に示した具体例3における第1のCGH素子15および第2のCGH素子16と同様であり、具体例3について説明したと同様な手順により、形成することができる。
 【0089】具体例6の第3のCGH素子18および19は、前記した焦点距離 f で集光する集光機能に加えて、偏向機能を有する。図34は、このCGH素子18の光学特性を示す。具体例6における第3のCGH素子18は、図34に示されるとおり、点光源 s からの発散*

$$\rho(x,y) = \{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2\}^{1/2} - f - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (12)$$

ここで、原点から点光源 s までの距離 f は、次式で示される。

$$f = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \quad (13)$$

【0091】従って、第3のCGH素子18のための位相係数 C は、前記した例におけると同様に、式(12)を図3～図9に示した各式に代入して得られる。図35～図40にそれらの演算結果が整理して示されている。この演算結果を用いた前記したと同様な手順により、第3のCGH素子18を得ることができる。また、この第3のCGH素子18を得たと同様な手順により、第3のCGH素子19を得ることができる。

【0092】一対の第3のCGH素子18および19により、前記したようなリレーレンズ系を構成することにより、より有効に光路20の長さを増大させることができ、あるいは反射手段17aおよび17bによる反射回数の低減を図ることができる。また、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16の開口が数百ミクロン以下という小径レンズのとき、回折の影響が大きくなるが、リレーレンズ系を用いることにより、結像によって回折の影響を最小限に抑制することが可能となる。

【0093】具体例6では、第3のCGH素子18および第3のCGH素子19からなるリレーレンズ系に第1のCGH素子15からのコリメート光が入射する例を示したが、後述する例をも含み、共焦点条件を満たすリレーレンズ系では、結像作用を有することから、完全に平行化が図られていない光束に対しても有効に適用させることができる。

【0094】〈具体例7〉図41は、第1のCGH素子15および第2のCGH素子16間に複数のリレーレンズ系を挿入した具体例7の光学装置160を示す。図42に示されているように、発光部12aからの発散光を平行光束に変換する第1のCGH素子15と平行光束を収光部13aに集光させる第2のCGH素子16との間に、1組の第3のCGH素子18および18'と、他の1組の第3のCGH素子19および19'とからなる2つのリレーレンズ系が直列的に挿入されている。各組ごとで、図42に示されるとおり、図33の具体例6で説明したとおりの共焦点条件($f1$ 、 $f2$)をそれぞれ満たす。また、第3のCGH素子18および19と、第3のCGH素子18'および19'とは、中心線 c を対称軸

(9)

特開平11-72750

16

* 球面波を平行光束に変換する機能を有する。CGH素子18が $x-y$ 面上で z 軸に中心を一致させて配置されており、座標 (X, Y, Z) に位置する点光源 s からの発散光が、原点を通るベクトル成分 (α, β, γ) で表される平行光束に変換されるとすると、第3のCGH素子18の光路差関数 $\rho(x, y)$ は、次式
 【0090】

$$\rho(x,y) = \{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2\}^{1/2} - f - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (12)$$

ここで、原点から点光源 s までの距離 f は、次式で示される。

$$f = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \quad (13)$$

として対称的な光路20が形成されるように、それぞれの偏向角度が設定される。

【0095】一対の第3のCGH素子18および19間に、各CGH素子18または19とリレーレンズを構成する第3のCGH素子18'および19'を挿入することにより、このCGH素子18'および19'の偏向作用により、反射手段17aに依存する反射角に比較して、さらに大きな屈折角度を設定することができる。

【0096】〈具体例8〉図43は、リレーレンズ系に具体例5で示したと同様なハイブリッド構成を適用した具体例8を示す。具体例8の光学装置170では、図44に示されているように、各発光部12aからの複数の光路20(20a、20bおよび20c)を経る各平行光束は、共焦点条件(焦点距離 f)を満たす第3のCGH素子18および第3のCGH素子19により、一括的に取り扱われる。

【0097】〈具体例9〉図45は、リレーレンズ系に、偏向機能を有する一対のCGH素子を挿入した具体例9を示す。具体例9の光学装置180では、図45および図46に示されているように、発光部12aからの球面発散光が第1のCGH素子15により平行光束に変換さかつ偏向を受ける。また、平行光束は第2のCGH素子16により、収光部13aへ向けて偏向を受けかつ集光される。

【0098】この両CGH素子15および16間に、偏向機能を有する第3のCGH素子18および19により、前記したと同様な共焦点条件(焦点距離 f)を有するリレーレンズ系が構成されている。さらに、このリレーレンズ系を構成する第3のCGH素子18および19間に、偏向機能を有する一対の第3のCGH素子18'および19'が挿入されている。

【0099】この具体例9に示すとおり、リレーレンズ系に偏向機能を有する第3のCGH素子を挿入することによっても、有効に光路20の長さを増大させることができ、あるいは反射手段17aおよび17bによる反射回数の低減を図ることができる。

【0100】図45および図46に示した例では、偏向

(10)

特開平11-72750

17

18

鏡面のみを有する、すなわちプリズム機能を有するCGH素子18'および19'をリレーレンズ系を構成する一対の第3のCGH素子18および19間に挿入したが、これに代えて、プリズム機能を有するCGH素子18'および19'を第1のCGH素子15と第3のCGH素子18との間および第2のCGH素子16と第3のCGH素子19との間に挿入することができる。

【0101】(具体例10)具体例1～具体例9では、光路20の偏向を2次元の平面上で説明したが、図47に示されているとおり、発光部12aからの発散球面波をコリメートしかつ偏向させる第1のCGH素子15とこのCGH素子15により得られた平行光束を受光部13aに偏向させかつ集光させる第2のCGH素子16との間に、3次元的に所望方向へ偏向させる第3のCGH素子18を挿入することができる。このような第3のCGH素子18を光学基板11内の光路20の所望箇所へ挿入することにより、光配線のレイアウトの自由度を著しく向上させることが可能となる。

【0102】前記したところでは、説明の簡素化のために、光学基板11が真空中(屈折率=1)に配置されていると仮定して説明した。従って、光学基板11が1以外の屈折率を有する媒質中に配置されている場合、光路長にその媒質の屈折率を掛け合わせた光路長が採用される。

【0103】

【発明の効果】本発明によれば、前記したように、第1および第2のCGH素子に従来のような大きな偏向機能を期待することなく、第3のCGH素子の偏向機能により、光学基板内での光の偏向角度を従来よりも大きくすることができることから、第1および第2のCGH素子間の間隔を所定値に保持させたとき、従来と比較して光学基板内での反射回数を低減させることが可能となり、また反射回数を所定値に保持したとき、第1および第2のCGH素子間の間隔を従来と比較して大きく設定することが可能となる。従って、本発明によれば、反射による損失の低減が防止され、あるいはレイアウトの自由度が高められた自由空間光配線用光学装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光学装置の具体例1を概略的に示す断面図である。

【図2】テトラ層構造の説明図である。

【図3】テトラ層構造による光路差係数の説明図(その1)である。

【図4】テトラ層構造による光路差係数の説明図(その2)である。

【図5】テトラ層構造による光路差係数の説明図(その3)である。

【図6】テトラ層構造による光路差係数の説明図(その4)である。

【図7】テトラ層構造による光路差係数の説明図(その

5)である。

【図8】テトラ層構造による光路差係数の説明図(その6)である。

【図9】テトラ層構造による光路差係数の説明図(その7)である。

【図10】具体例1の第1のCGH素子の光学特性を示す説明図である。

【図11】具体例1の第1のCGH素子の光路差係数の説明図(その1)である。

【図12】具体例1の第1のCGH素子の光路差係数の説明図(その2)である。

【図13】具体例1の第3のCGH素子の光学特性を示す説明図である。

【図14】具体例1の第3のCGH素子の光路差係数の説明図である。

【図15】本発明に係る光学装置の具体例2を概略的に示す断面図である。

【図16】具体例2の第1および第3のCGH素子の光学特性を示す説明図である。

【図17】具体例2の第1のCGH素子の光路差係数の説明図(その1)である。

【図18】具体例2の第1のCGH素子の光路差係数の説明図(その2)である。

【図19】具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その1)である。

【図20】具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その2)である。

【図21】具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その3)である。

【図22】具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その4)である。

【図23】具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その5)である。

【図24】具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その6)である。

【図25】本発明に係る光学装置の具体例3を概略的に示す断面図である。

【図26】具体例3の第1のCGH素子の光学特性を示す説明図である。

【図27】具体例3の第1のCGH素子の光路差係数の説明図である。

【図28】具体例3の第3のCGH素子の光学特性を示す説明図である。

【図29】具体例3の第3のCGH素子の光路差係数の説明図である。

【図30】本発明に係る光学装置の具体例4の一部を概略的に示す断面図である。

【図31】本発明に係る光学装置の具体例5の一部を概略的に示す断面図である。

【図32】本発明に係る光学装置の具体例6を概略的に

(11)

特開平11-72750

19

29

示す断面図である。

【図33】具体例6のリレーレンズ系の説明図である。

【図34】具体例6の第3のCGH素子の光学特性を示す説明図である。

【図35】具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その1）である。

【図36】具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その2）である。

【図37】具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その3）である。

【図38】具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その4）である。

【図39】具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その5）である。

【図40】具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その6）である。

【図41】本発明に係る光学装置の具体例7を概略的に示す断面図である。

【図42】具体例7のリレーレンズ系を示す説明図である。

【図43】本発明に係る光学装置の具体例8の一部を概略的に示す断面図である。

* 略的に示す断面図である。

【図44】具体例8のリレーレンズ系を示す説明図である。

【図45】本発明に係る光学装置の具体例9を概略的に示す断面図である。

【図46】具体例9のリレーレンズ系を示す説明図である。

【図47】本発明に係る光学装置の具体例10を概略的に示す断面図である。

10 【符号の説明】

10、110、120、130、140、150、160、170、180および190 光学装置

11 光学基板

11aおよび11b 光学基板の平面

12a 光源（第1のチップモジュールの発光部）

15 第1のCGH素子

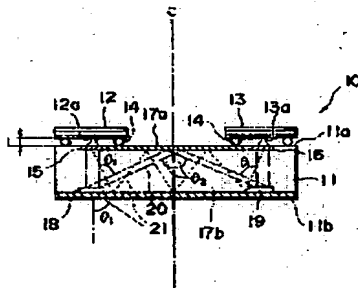
16 第2のCGH素子

17aおよび17b 反射手段

18、18'、19および19' 第3のCGH素子

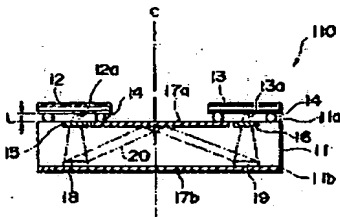
20 20 光路

【図1】



本発明に係る光学装置の具体例1

【図15】



本発明に係る光学装置の具体例2

【図2】

$$\rho(x, y) = \sum_{r=0}^{10} \frac{1}{r!} \left(x \frac{\partial}{\partial x} + y \frac{\partial}{\partial y} \right)^r \rho(x, y) \Big|_{x=y=0} + \Delta \quad (9)$$

テイラー展開式の説明図

【図6】

項+D	べき乗数	光路差係数	式番号
B	x^0	$C_{00} = \frac{1}{250} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^0 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-21)
	$x^2 y$	$C_{20} = \frac{1}{120} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-22)
	$x^4 y^2$	$C_{42} = \frac{1}{48} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-23)
	$x^3 y^3$	$C_{30} = \frac{1}{36} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-24)
	$x^2 y^4$	$C_{20} = \frac{1}{18} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-25)
	$x y^5$	$C_{20} = \frac{1}{120} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-26)
	y^6	$C_{07} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-27)

テイラー展開による光路差係数の説明図（その3）

(12)

特開平11-72750

〔図3〕

m+n	べき数	光強度係数	式番号
0	1	$C_0 = 1$	(4-0)
1	x	$C_1 = \frac{\partial}{\partial x} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-1)
	y	$C_2 = \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-2)
2	x^2	$C_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-3)
	xy	$C_4 = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-4)
	y^2	$C_5 = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-5)
3	x^3	$C_6 = \frac{1}{6} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-6)
	$x^2 y$	$C_7 = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-7)
	$x y^2$	$C_8 = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-8)
	y^3	$C_9 = \frac{1}{6} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-9)

テイラー展開による光強度係数の説明図(その1)

〔図4〕

m+n	べき数	光強度係数	式番号
4	x^4	$C_{10} = \frac{1}{24} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-10)
	$x^3 y$	$C_{11} = \frac{1}{6} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-11)
	$x^2 y^2$	$C_{12} = \frac{1}{4} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-12)
	$x y^3$	$C_{13} = \frac{1}{6} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-13)
5	y^4	$C_{14} = \frac{1}{24} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-14)
	x^5	$C_{15} = \frac{1}{120} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-15)
	$x^4 y$	$C_{16} = \frac{1}{24} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-16)
	$x^3 y^2$	$C_{17} = \frac{1}{12} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-17)
	$x^2 y^3$	$C_{18} = \frac{1}{12} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-18)
	$x y^4$	$C_{19} = \frac{1}{24} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-19)
	y^5	$C_{20} = \frac{1}{120} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-20)

テイラー展開による光強度係数の説明図(その2)

〔図6〕

m+n	べき数	光強度係数	式番号
7	x^7	$C_{21} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-21)
	$x^6 y$	$C_{22} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-22)
	$x^5 y^2$	$C_{23} = \frac{1}{2520} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-23)
	$x^4 y^3$	$C_{24} = \frac{1}{1512} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-24)
	$x^3 y^4$	$C_{25} = \frac{1}{144} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-25)
	$x^2 y^5$	$C_{26} = \frac{1}{2520} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-26)
	$x y^6$	$C_{27} = \frac{1}{7560} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-27)
	y^7	$C_{28} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-28)

テイラー展開による光強度係数の説明図(その4)

〔図7〕

m+n	べき数	光強度係数	式番号
8	y^8	$C_{29} = \frac{1}{40320} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-29)
	$x^7 y$	$C_{30} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^7 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-30)
	$x^6 y^2$	$C_{31} = \frac{1}{1440} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-31)
	$x^5 y^3$	$C_{32} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-32)
	$x^4 y^4$	$C_{33} = \frac{1}{576} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-33)
	$x^3 y^5$	$C_{34} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-34)
	$x^2 y^6$	$C_{35} = \frac{1}{1440} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-35)
	$x y^7$	$C_{36} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-36)
9	y^9	$C_{37} = \frac{1}{40320} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^9 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-37)

テイラー展開による光強度係数の説明図(その5)

(13)

特開平11-72750

【図8】

m+n	べき乗数	光強度係数	式番号
8	x^0	$C_{45} = \frac{1}{352800} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-45)
	$x^2 y$	$C_{46} = \frac{1}{40320} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right) \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-46)
	$x^4 y^2$	$C_{47} = \frac{1}{10080} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-47)
	$x^6 y^2$	$C_{48} = \frac{1}{4800} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-48)
	$x^8 y^2$	$C_{49} = \frac{1}{2880} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^8 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-49)
	$x^6 y^4$	$C_{50} = \frac{1}{2880} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-50)
	$x^4 y^6$	$C_{51} = \frac{1}{4800} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-51)
	$x^2 y^8$	$C_{52} = \frac{1}{10080} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-52)
	$x^0 y^8$	$C_{53} = \frac{1}{40320} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^0 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-53)
	y^8	$C_{54} = \frac{1}{352800} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-54)

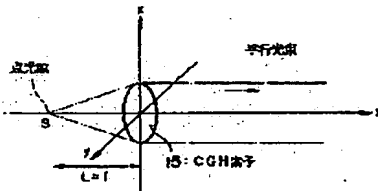
テイラー展開による光強度係数の説明図（その6）

【図9】

m+n	べき乗数	光強度係数	式番号
10	x^{10}	$C_{55} = \frac{1}{862800} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^{10} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-55)
	$x^8 y$	$C_{56} = \frac{1}{38280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^8 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right) \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-56)
	$x^6 y^2$	$C_{57} = \frac{1}{86280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-57)
	$x^4 y^3$	$C_{58} = \frac{1}{30840} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-58)
	$x^2 y^4$	$C_{59} = \frac{1}{17280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-59)
	$x^0 y^5$	$C_{60} = \frac{1}{15400} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^0 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-60)
	$x^4 y^6$	$C_{61} = \frac{1}{17280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-61)
	$x^2 y^7$	$C_{62} = \frac{1}{20280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-62)
	$x^0 y^8$	$C_{63} = \frac{1}{80840} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^0 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-63)
	$x^8 y^2$	$C_{64} = \frac{1}{26280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^8 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-64)
	y^{10}	$C_{65} = \frac{1}{862800} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^{10} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-65)

テイラー展開による光強度係数の説明図（その7）

【図10】



具体例1の第1のCGH素子の光強度係数を示す説明図

【図11】

m+n	べき乗数	光強度係数
0	1	$C_0 = 1$
2	x^2	$C_2 = \frac{1}{2L}$
	y^2	$C_5 = \frac{1}{2L}$
4	x^4	$C_{10} = -\frac{3}{8L^2}$
	$x^2 y^2$	$C_{13} = -\frac{1}{4L^2}$
	y^4	$C_{14} = -\frac{1}{8L^2}$

具体例1の第1のCGH素子の光強度係数の説明図（その1）

(14)

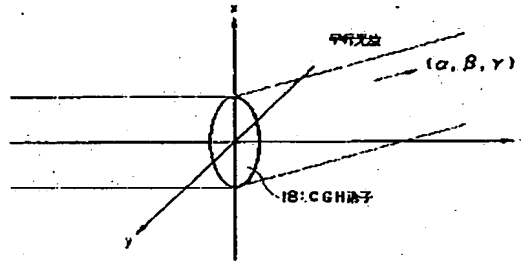
特開平11-72750

【図12】

$m+n$	べき乗数	光路係数
a	x^0	$C_{a1} = \frac{1}{16L^3}$
	x^1y^1	$C_{a2} = \frac{3}{16L^3}$
	x^2y^0	$C_{a3} = \frac{9}{16L^3}$
	y^0	$C_{a4} = \frac{1}{16L^3}$
b	x^0	$C_{b1} = -\frac{8}{128L^3}$
	x^1y^1	$C_{b2} = \frac{5}{32L^3}$
	x^2y^0	$C_{b3} = \frac{15}{64L^3}$
	x^2y^0	$C_{b4} = -\frac{5}{32L^3}$
	y^0	$C_{b5} = -\frac{9}{128L^3}$
1c	x^0	$C_{c1} = \frac{7}{256L^3}$
	x^1y^1	$C_{c2} = \frac{35}{256L^3}$
	x^2y^0	$C_{c3} = \frac{35}{128L^3}$
	x^2y^0	$C_{c4} = \frac{35}{128L^3}$
	x^2y^0	$C_{c5} = \frac{35}{256L^3}$
	y^0	$C_{c6} = \frac{7}{256L^3}$

具体例1の第1のCGH素子の光路係数の説明図(その2)

【図13】



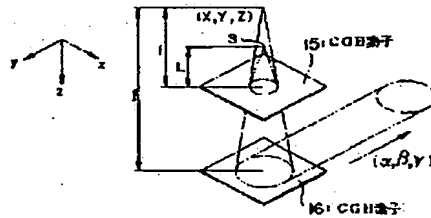
具体例1の第3のCGH素子の光路特性を示す説明図

【図14】

$m+n$	べき乗数	光路係数
0	1	$C_0 = 1$
1	x	$C_1 = -\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$
	y	$C_2 = -\frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$

具体例1の第3のCGH素子の光路係数の説明図

【図16】



具体例2の第1および第3のCGH素子の光路特性を示す説明図

(15)

特開平 11-72750

【图 17】

$m \times n$	べき乗数	定数の係数
0	1	$C_0 = 1$
2	x^2	$C_2 = \frac{1}{2!}$
	y^2	$C_2 = \frac{1}{2!}$
4	x^4	$C_{4,0} = \frac{1}{4!}$
	$x^2 y^2$	$C_{4,2} = \frac{1}{4!}$
	y^4	$C_{4,4} = \frac{1}{4!}$

異例 2 の第 1 の CGH 素子の光路伝係数の説明図 (その 1)

【图 18】

$m + n$	$x^m y^n$	先修型係數
6	x^6	$C_{21} = \frac{1}{161}$
	$x^5 y$	$C_{38} = \frac{3}{161}$
	$x^3 y^3$	$C_{28} = \frac{3}{161}$
	y^6	$C_{27} = \frac{1}{161}$
8	x^8	$C_{20} = \frac{5}{1281}$
	$x^6 y^2$	$C_{38} = \frac{5}{321}$
	$x^4 y^4$	$C_{40} = \frac{15}{641}$
	$x^2 y^6$	$C_{42} = \frac{5}{321}$
	y^8	$C_{44} = \frac{5}{1281}$
10	x^{10}	$C_{16} = \frac{7}{2561}$
	$x^8 y^2$	$C_{57} = \frac{35}{2561}$
	$x^6 y^4$	$C_{56} = \frac{35}{1281}$
	$x^4 y^6$	$C_{55} = \frac{35}{1201}$
	$x^2 y^8$	$C_{53} = \frac{35}{2561}$
	y^{10}	$C_{50} = \frac{7}{2561}$

具体例2の第1のCQH因子の元階層構造の説明図（その2）

【图 23】

[illegible]

具体例 2 の第 3 の CGH 素子の光路差係数の説明図 (その 3)

(15)

特開平11-72750

【図19】

m+n	べき指数	光強度係数
0	1	$C_0 = 1$
1	x	$C_1 = \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \cdot \frac{x}{a}$
	y	$C_2 = \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \cdot \frac{y}{b}$
2	x ²	$C_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{a^2} - \frac{1}{3} \right)$
	xy	$C_4 = \frac{xy}{a^2}$
3	y ²	$C_5 = \frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{b^2} - \frac{1}{3} \right)$
	x ³	$C_6 = \frac{1}{2} \left(\frac{x^3}{a^3} - \frac{x}{a} \right)$
	x ² y	$C_7 = \frac{1}{2} \left(\frac{2xy^2}{a^2b} + \frac{y}{b} \right)$
	x ² y ²	$C_8 = \frac{1}{2} \left(\frac{2xy^2}{a^2b} + \frac{y}{b} \right)$
	y ³	$C_9 = \frac{1}{2} \left(\frac{y^3}{b^3} - \frac{y}{b} \right)$
4	x ⁴	$C_{10} = \frac{1}{8} \left(\frac{4x^4}{a^4} - \frac{6x^2}{a^2} + \frac{3}{2} \right)$
	x ³ y	$C_{11} = \frac{1}{2} \left(\frac{6xy^2}{a^3b} + \frac{3xy}{a^2b} \right)$
	x ² y ²	$C_{12} = \frac{1}{4} \left(\frac{15xy^2}{a^2b^2} - \frac{6x^2}{a^2} - \frac{3y^2}{b^2} + \frac{1}{2} \right)$
	x ² y ³	$C_{13} = \frac{1}{2} \left(\frac{6xy^3}{a^2b^2} + \frac{3xy^2}{a^2b} \right)$
	y ⁴	$C_{14} = \frac{1}{8} \left(\frac{4y^4}{b^4} - \frac{6y^2}{b^2} + \frac{3}{2} \right)$

具体例2の第3のCGH素子の光強度係数の説明図（その1）

【図20】

m+n	べき指数	光強度係数
5	x ⁵	$C_{15} = \frac{1}{8} \left(\frac{7x^5}{a^5} - \frac{10x^3}{a^3} + \frac{5x}{a} \right)$
	x ⁴ y	$C_{16} = \frac{1}{8} \left(\frac{56xy^2}{a^4b} - \frac{30xy^2}{a^3b} + \frac{5y}{b} \right)$
	x ³ y ²	$C_{17} = \frac{1}{4} \left(\frac{28xy^2}{a^3b^2} - \frac{5x^2}{a^2} - \frac{10xy^2}{a^2b} + \frac{5y}{b} \right)$
	x ³ y ³	$C_{18} = \frac{1}{4} \left(\frac{28xy^3}{a^3b^2} - \frac{16xy^2}{a^2b} - \frac{5y^2}{b^2} + \frac{5y}{b} \right)$
	xy ⁵	$C_{19} = \frac{1}{8} \left(\frac{7xy^5}{a^2b^5} - \frac{10xy^3}{a^2b^3} + \frac{5xy}{a^2b} \right)$
6	y ⁵	$C_{20} = \frac{1}{8} \left(\frac{7y^5}{b^5} - \frac{10y^3}{b^3} + \frac{5y}{b} \right)$
	x ⁵	$C_{21} = \frac{1}{16} \left(\frac{21x^5}{a^5} - \frac{35x^3}{a^3} + \frac{15x}{a} - \frac{1}{2} \right)$
	x ⁴ y	$C_{22} = \frac{1}{8} \left(\frac{63xy^2}{a^4b} - \frac{20xy^2}{a^3b} + \frac{15xy}{a^2b} \right)$
	x ⁴ y ²	$C_{23} = \frac{1}{16} \left(\frac{315xy^2}{a^4b^2} - \frac{35xy^2}{a^3b^2} + \frac{210xy^2}{a^2b^2} - \frac{35xy^2}{a^2b} - \frac{15xy^2}{b^2} + \frac{15xy}{b} \right)$
	x ⁴ y ³	$C_{24} = \frac{1}{16} \left(\frac{315xy^3}{a^4b^2} - \frac{35xy^3}{a^3b^2} + \frac{210xy^3}{a^2b^2} - \frac{35xy^3}{a^2b} - \frac{15xy^3}{b^2} + \frac{15xy}{b} \right)$
7	x ⁶	$C_{25} = \frac{1}{16} \left(\frac{63x^6}{a^6} - \frac{105x^4}{a^4} + \frac{45x^2}{a^2} - \frac{15x}{a} + \frac{1}{2} \right)$
	x ⁵ y	$C_{26} = \frac{1}{16} \left(\frac{315xy^2}{a^5b} - \frac{35xy^2}{a^4b} + \frac{210xy^2}{a^3b} - \frac{15xy^2}{a^2b} - \frac{15xy^2}{b^2} + \frac{15xy}{b} \right)$
	x ⁵ y ²	$C_{27} = \frac{1}{16} \left(\frac{315xy^2}{a^5b^2} - \frac{35xy^2}{a^4b^2} + \frac{210xy^2}{a^3b^2} - \frac{15xy^2}{a^2b^2} - \frac{15xy^2}{a^2b} - \frac{15xy^2}{b^2} + \frac{15xy}{b} \right)$
	x ⁵ y ³	$C_{28} = \frac{1}{16} \left(\frac{315xy^3}{a^5b^2} - \frac{35xy^3}{a^4b^2} + \frac{210xy^3}{a^3b^2} - \frac{15xy^3}{a^2b^2} - \frac{15xy^3}{a^2b} - \frac{15xy^3}{b^2} + \frac{15xy}{b} \right)$
	x ⁵ y ⁴	$C_{29} = \frac{1}{16} \left(\frac{315xy^4}{a^5b^3} - \frac{35xy^4}{a^4b^3} + \frac{210xy^4}{a^3b^3} - \frac{15xy^4}{a^2b^3} - \frac{15xy^4}{a^2b^2} - \frac{15xy^4}{b^3} + \frac{15xy}{b} \right)$

具体例2の第3のCGH素子の光強度係数の説明図（その2）

【図24】

m+n	べき指数	光強度係数
10	x ¹⁰	$C_{30} = \frac{1}{256} \left(\frac{1215x^{10}}{a^{10}} - \frac{15015x^8}{a^8} + \frac{71625x^6}{a^6} - \frac{190050x^4}{a^4} + \frac{300300x^2}{a^2} - \frac{150150}{1} \right)$
	x ⁹ y	$C_{31} = \frac{1}{256} \left(\frac{108900xy^2}{a^9b} - \frac{180150xy^2}{a^8b} + \frac{94380xy^2}{a^7b} - \frac{30030xy^2}{a^6b} \right)$
	x ⁸ y ²	$C_{32} = \frac{1}{256} \left(\frac{1215xy^2}{a^8b^2} - \frac{18015xy^2}{a^7b^2} + \frac{94380xy^2}{a^6b^2} - \frac{190050xy^2}{a^5b^2} + \frac{300300xy^2}{a^4b^2} - \frac{150150xy^2}{a^3b^2} \right)$
	y ¹⁰	$C_{33} = \frac{1}{256} \left(\frac{1215y^{10}}{b^{10}} - \frac{15015y^8}{b^8} + \frac{71625y^6}{b^6} - \frac{190050y^4}{b^4} + \frac{300300y^2}{b^2} - \frac{150150}{1} \right)$

具体例2の第3のCGH素子の光強度係数の説明図（その6）

(17)

特開平 11-72750

【圖21】

$m+n$	β 值数	光列基函数
2		$C_2 = \frac{1}{18} \left(\frac{2712xy^2}{g_{12}^2} + \frac{1260xy^2}{g_{11}^2} + \frac{630xy^2}{g_{10}^2} + \frac{42xy^2}{g_0^2} + \frac{36}{g_0^2} \right)$
3		$C_3 = \frac{1}{72} \left(\frac{600xy^3}{g_{12}^3} + \frac{840xy^3}{g_{11}^3} + \frac{576xy^3}{g_{10}^3} + \frac{126xy^3}{g_0^3} + \frac{27xy^3}{g_0^3} + \frac{18}{g_0^3} \right)$
4		$C_4 = \frac{1}{72} \left(\frac{231xy^4}{g_{12}^4} + \frac{315xy^4}{g_{11}^4} + \frac{105xy^4}{g_{10}^4} + \frac{54}{g_0^4} + \frac{36}{g_0^4} \right)$
5		$C_5 = \frac{1}{108} \left(\frac{33xy^5}{g_{12}^5} + \frac{63xy^5}{g_{11}^5} + \frac{25xy^5}{g_{10}^5} + \frac{6y^5}{g_0^5} \right)$
6		$C_6 = \frac{1}{126} \left(\frac{42xy^6}{g_{12}^6} + \frac{624xy^6}{g_{11}^6} + \frac{444xy^6}{g_{10}^6} + \frac{140xy^6}{g_0^6} + \frac{6}{g_0^6} \right)$
7		$C_7 = \frac{1}{18} \left(\frac{22xy^7}{g_{12}^7} + \frac{683xy^7}{g_{11}^7} + \frac{315xy^7}{g_{10}^7} + \frac{28xy^7}{g_0^7} \right)$
8		$C_8 = \frac{1}{92} \left(\frac{30xy^8}{g_{12}^8} + \frac{231xy^8}{g_{11}^8} + \frac{246xy^8}{g_{10}^8} + \frac{315xy^8}{g_0^8} + \frac{45xy^8}{g_0^8} + \frac{25xy^8}{g_0^8} + \frac{5}{g_0^8} \right)$
9		$C_9 = \frac{21}{72} \left(\frac{145xy^9}{g_{12}^9} + \frac{52xy^9}{g_{11}^9} + \frac{110xy^9}{g_{10}^9} + \frac{30xy^9}{g_0^9} \right)$
10		$C_{10} = \frac{15}{54} \left(\frac{100xy^{10}}{g_{12}^{10}} + \frac{42xy^{10}}{g_{11}^{10}} + \frac{96xy^{10}}{g_{10}^{10}} + \frac{21xy^{10}}{g_0^{10}} + \frac{252xy^{10}}{g_0^{10}} + \frac{21xy^{10}}{g_0^{10}} + \frac{14xy^{10}}{g_0^{10}} + \frac{14xy^{10}}{g_0^{10}} + \frac{1}{g_0^{10}} \right)$
11		$C_{11} = \frac{21}{10} \left(\frac{143xy^{11}}{g_{12}^{11}} + \frac{110xy^{11}}{g_{11}^{11}} + \frac{30xy^{11}}{g_{10}^{11}} + \frac{30xy^{11}}{g_0^{11}} + \frac{6xy^{11}}{g_0^{11}} + \frac{6xy^{11}}{g_0^{11}} \right)$
12		$C_{12} = \frac{1}{32} \left(\frac{4000xy^{12}}{g_{12}^{12}} + \frac{3840xy^{12}}{g_{11}^{12}} + \frac{231xy^{12}}{g_{10}^{12}} + \frac{24xy^{12}}{g_0^{12}} + \frac{24xy^{12}}{g_0^{12}} + \frac{24xy^{12}}{g_0^{12}} + \frac{10xy^{12}}{g_0^{12}} + \frac{36}{g_0^{12}} \right)$
13		$C_{13} = \frac{1}{72} \left(\frac{22xy^{13}}{g_{12}^{13}} + \frac{652xy^{13}}{g_{11}^{13}} + \frac{315xy^{13}}{g_{10}^{13}} + \frac{36xy^{13}}{g_0^{13}} \right)$
14		$C_{14} = \frac{1}{72} \left(\frac{42xy^{14}}{g_{12}^{14}} + \frac{624xy^{14}}{g_{11}^{14}} + \frac{630xy^{14}}{g_{10}^{14}} + \frac{140xy^{14}}{g_0^{14}} + \frac{6}{g_0^{14}} \right)$

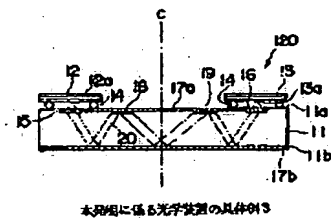
図体例 2 の第 3 の CGH 素子の光路差係数の説明図 (4 の 3)

【圖 22】

no + n	2-8-84	光學底片
9	$x^0 \quad C_0 = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^7}{128} + \frac{1710x^7}{256} + \frac{1880x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{36x^7}{2048} \right)$ $x^0 y \quad C_0 = \frac{1}{128} \left(\frac{125x^7}{128} + \frac{120x^7}{256} + \frac{80x^7}{512} + \frac{120x^7}{1024} + \frac{120x^7}{2048} \right)$ $x^2 y^2 \quad C_0 = \frac{1}{32} \left(\frac{184320x^7}{256} + \frac{420x^7}{512} + \frac{90720x^7}{1024} + \frac{680x^7}{2048} + \frac{34560x^7}{4096} + \frac{315x^7}{8192} + \frac{15x^7}{16384} \right)$ $x^4 y^4 \quad C_0 = \frac{7}{32} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^6 y^6 \quad C_0 = \frac{21}{64} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^8 y^8 \quad C_0 = \frac{21}{64} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^2 y^6 \quad C_0 = \frac{1}{32} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^4 y^8 \quad C_0 = \frac{1}{32} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^6 y^8 \quad C_0 = \frac{1}{32} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^8 y^8 \quad C_0 = \frac{1}{32} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$	
10	$x^0 y^0 \quad C_0 = \frac{1}{128} \left(\frac{125x^7}{128} + \frac{120x^7}{256} + \frac{80x^7}{512} + \frac{120x^7}{1024} + \frac{120x^7}{2048} \right)$ $x^2 y^2 \quad C_0 = \frac{1}{32} \left(\frac{184320x^7}{256} + \frac{420x^7}{512} + \frac{90720x^7}{1024} + \frac{680x^7}{2048} + \frac{34560x^7}{4096} + \frac{315x^7}{8192} + \frac{15x^7}{16384} \right)$ $x^4 y^4 \quad C_0 = \frac{7}{32} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^6 y^6 \quad C_0 = \frac{21}{64} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$ $x^8 y^8 \quad C_0 = \frac{21}{64} \left(\frac{214560x^7}{512} + \frac{420x^7}{1024} + \frac{214560x^7}{2048} + \frac{680x^7}{4096} + \frac{420x^7}{8192} + \frac{135x^7}{16384} + \frac{15x^7}{32768} \right)$	

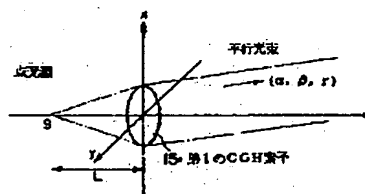
具体例 2 の第 3 の CGM 素子の光伝達係数の説明図 (その 4)

【图25】



本発明に係る光学装置の具体例3

【圖26】



具体例3の第1)のCG両素子の尤度特性を示す説明図

(18)

特開平11-72750

【図27】

光路係数	
$C_0=1$	
$C_1=\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}$	
$C_2=\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}$	
$C_3=C_4=\frac{1}{2L}$	
$C_{10}=C_{11}=\frac{1}{16L^3}$	
$C_{12}=\frac{1}{4L^4}$	
$C_{13}=C_{14}=\frac{1}{16L^5}$	
$C_{15}=C_{16}=\frac{3}{16L^7}$	
$C_{20}=C_{21}=\frac{5}{128L^7}$	
$C_{22}=C_{23}=\frac{5}{92L^7}$	
$C_{24}=\frac{15}{64L^7}$	
$C_{25}=C_{26}=\frac{7}{256L^9}$	
$C_{27}=C_{28}=\frac{35}{256L^9}$	
$C_{29}=C_{30}=\frac{35}{128L^9}$	

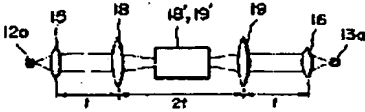
具体例3の第1のCGH素子の光路係数の説明図

【図29】

m+n	べき級数	光路係数
0	1	$C_0=1$
1	x	$C_1=\frac{a_1}{\sqrt{a_1^2+b_1^2+c_1^2}}-\frac{a_2}{\sqrt{a_2^2+b_2^2+c_2^2}}$
	y	$C_2=\frac{b_1}{\sqrt{a_1^2+b_1^2+c_1^2}}-\frac{b_2}{\sqrt{a_2^2+b_2^2+c_2^2}}$

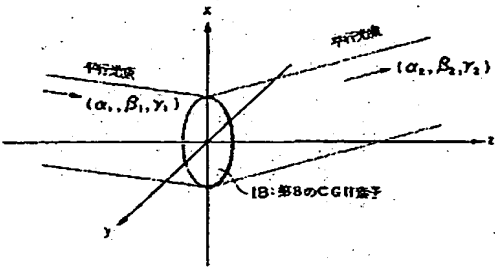
具体例3の第3のCGH素子の光路係数の説明図

【図46】



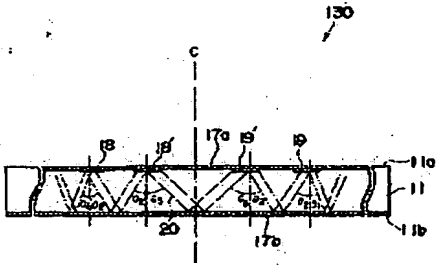
具体例9のリレーレンズ系を示す説明図

【図28】



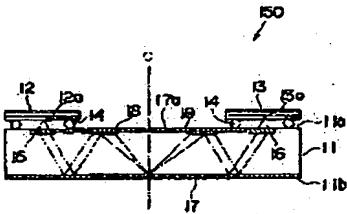
具体例8の第8のCGH素子の光学特性を示す説明図

【図30】



本発明に係る光学装置の具体例4の一部を拡大的に示す説明図

【図32】

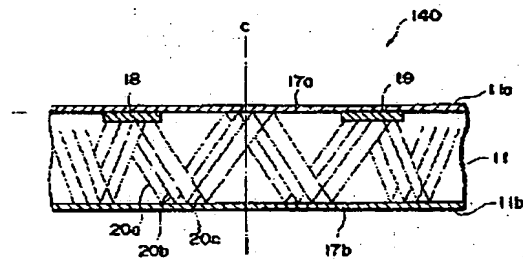


本発明に係る光学装置の具体例8を拡大的に示す説明図

(19)

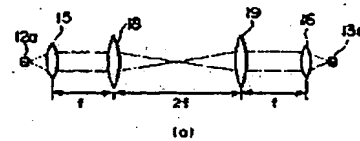
特開平 11-72750

【圖 31】



本論文に係る光学装置の凡例Sの一部を概略的に示す前図

【例 3 3】

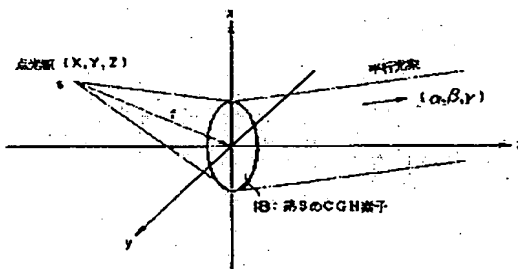


$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 21 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

(b)

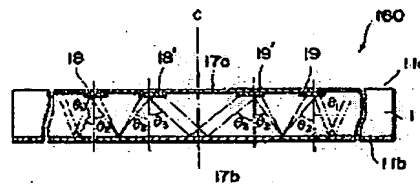
図 10 具体制 8 のリレーレンズ系の説明図

【图34】



具体例Bの第3のCGH素子の光学特性を示す説明図

【図41】



本發明に係る光学装置の具体例7の一図を四角柱に示す断面図

【图39】

n + n		分母数	共除数保位
10	$x_0 y_0$	$C_0 = \frac{1}{256} (\frac{1038570^2}{119} + \frac{3450^2}{117} + \frac{180180^2}{217} + \frac{120120^2}{115} - \frac{858000^2}{215} + \frac{88000^2}{115} + \frac{1385000^2}{115} - \frac{12500^2}{111} - \frac{3150^2}{111} - \frac{33}{110})$	
	$x_7 y_3$	$C_7 = \frac{21}{256} (\frac{1218000^2}{119} + \frac{21800^2}{117} + \frac{167100^2}{117} + \frac{3100^2}{115} + \frac{520000^2}{115} + \frac{116500^2}{115} - \frac{92500^2}{111} - \frac{10300^2}{111})$	
	$x_0 y_3$	$C_0 = \frac{21}{256} (\frac{288000^2}{119} + \frac{121800^2}{117} + \frac{121800^2}{117} - \frac{8800^2}{115} - \frac{187000^2}{115} - \frac{80000^2}{115} + \frac{8000^2}{111} + \frac{227000^2}{111} + \frac{11000^2}{111} - \frac{1350^2}{111} - \frac{800^2}{111} + \frac{9}{110})$	
	$x_6 y_0$	$C_0 = \frac{27}{64} (\frac{201000^2}{119} + \frac{82000^2}{117} + \frac{122000^2}{117} + \frac{4200^2}{115} - \frac{285000^2}{115} + \frac{4200^2}{115} - \frac{25000^2}{111} - \frac{33000^2}{111} - \frac{4500^2}{111})$	
	$x_4 y_0$	$C_0 = \frac{21}{256} (\frac{1038570^2}{119} + \frac{3450^2}{117} + \frac{180180^2}{217} + \frac{120120^2}{115} - \frac{858000^2}{215} + \frac{88000^2}{115} + \frac{1385000^2}{115} - \frac{12500^2}{111} - \frac{3150^2}{111} - \frac{33}{110})$	

具体例としての第9のCGH素子の光路差区間の説明図（図5）

(20)

特開平11-72750

【図35】

$m+n$	べき指数	光路係数
0	1	$C_0 = 1$
1	x	$C_1 = \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \cdot \frac{x}{a}$
	y	$C_1 = \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \cdot \frac{y}{b}$
2	x^2	$C_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{a^2}{c^2} - 1 \right)$
	xy	$C_2 = -\frac{xy}{c^2}$
3	x^3	$C_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{a^3}{c^3} - \frac{x}{c} \right)$
	x^2y	$C_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{3xy}{c^3} + \frac{x}{c} \right)$
	xy^2	$C_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{3xy}{c^3} + \frac{y}{c} \right)$
	y^3	$C_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{b^3}{c^3} - \frac{y}{c} \right)$
4	x^4	$C_4 = \frac{1}{8} \left(\frac{5x^2}{c^4} - \frac{3x^2}{c^2} + \frac{1}{c^2} \right)$
	x^3y	$C_4 = \frac{1}{2} \left(\frac{3xy^2}{c^4} + \frac{3xy}{c^2} \right)$
	x^2y^2	$C_4 = \frac{1}{4} \left(\frac{15x^2y^2}{c^4} - \frac{3x^2}{c^2} - \frac{3y^2}{c^2} + \frac{1}{c^2} \right)$
	xy^3	$C_4 = \frac{1}{2} \left(\frac{3xy^3}{c^4} + \frac{3xy}{c^2} \right)$
5	x^5	$C_5 = \frac{1}{8} \left(\frac{5x^3}{c^5} - \frac{3x}{c^3} + \frac{1}{c^3} \right)$
	x^4y	$C_5 = \frac{1}{2} \left(\frac{3x^2y}{c^5} + \frac{3xy}{c^3} \right)$

図35の第3のCGH素子の光路係数の説明図（その1）

【図36】

$m+n$	べき指数	光路係数
5	x^5	$C_5 = \frac{1}{8} \left(\frac{5x^3}{c^5} - \frac{3x}{c^3} + \frac{1}{c^3} \right)$
	x^4y	$C_5 = \frac{1}{2} \left(\frac{3x^2y}{c^5} + \frac{3xy}{c^3} \right)$
	x^3y^2	$C_5 = \frac{1}{4} \left(\frac{15x^2y^2}{c^5} - \frac{3x^2}{c^3} - \frac{3y^2}{c^3} + \frac{1}{c^3} \right)$
	x^2y^3	$C_5 = \frac{1}{2} \left(\frac{3x^2y^3}{c^5} + \frac{3xy}{c^3} \right)$
	y^5	$C_5 = \frac{1}{8} \left(\frac{5y^3}{c^5} - \frac{3y}{c^3} + \frac{1}{c^3} \right)$
6	x^6	$C_6 = \frac{1}{16} \left(\frac{63x^4}{c^6} - \frac{15x^2}{c^4} + \frac{3x^2}{c^2} - \frac{1}{c^2} \right)$
	x^5y	$C_6 = \frac{1}{4} \left(\frac{15x^3y}{c^6} + \frac{15x^2y}{c^4} + \frac{3xy}{c^2} \right)$
	x^4y^2	$C_6 = \frac{1}{8} \left(\frac{35x^2y^2}{c^6} - \frac{15x^2}{c^4} - \frac{15y^2}{c^4} + \frac{3x^2}{c^2} + \frac{3y^2}{c^2} - \frac{1}{c^2} \right)$
	x^3y^3	$C_6 = \frac{1}{4} \left(\frac{15x^2y^3}{c^6} + \frac{15xy^2}{c^4} + \frac{3xy}{c^2} \right)$
	y^6	$C_6 = \frac{1}{16} \left(\frac{63y^4}{c^6} - \frac{15y^2}{c^4} + \frac{3y^2}{c^2} - \frac{1}{c^2} \right)$
7	x^7	$C_7 = \frac{1}{128} \left(\frac{63x^5}{c^7} - \frac{35x^3}{c^5} + \frac{15x^3}{c^3} - \frac{3x}{c} \right)$
	x^6y	$C_7 = \frac{1}{16} \left(\frac{35x^4y}{c^7} + \frac{35x^3y}{c^5} + \frac{15x^2y}{c^3} + \frac{3xy}{c} \right)$
	x^5y^2	$C_7 = \frac{1}{8} \left(\frac{35x^3y^2}{c^7} - \frac{15x^3}{c^5} - \frac{15y^2}{c^5} + \frac{3x^3}{c^3} + \frac{3y^2}{c^3} - \frac{3x}{c} - \frac{3y}{c} \right)$
	x^4y^3	$C_7 = \frac{1}{4} \left(\frac{15x^2y^3}{c^7} + \frac{15x^2y^2}{c^5} + \frac{15xy^2}{c^3} + \frac{3xy}{c} \right)$
	y^7	$C_7 = \frac{1}{128} \left(\frac{63y^5}{c^7} - \frac{35y^3}{c^5} + \frac{15y^3}{c^3} - \frac{3y}{c} \right)$

図36の第3のCGH素子の光路係数の説明図（その2）

【図40】

$m+n$	べき指数	光路係数
10	x^{10}	$C_{10} = \frac{1}{256} \left(\frac{1215x^8}{c^{10}} - \frac{1575x^6}{c^8} + \frac{2145x^4}{c^6} - \frac{5005x^2}{c^4} + \frac{3003x^2}{c^2} - \frac{1155x^2}{c^2} + \frac{105x^2}{c^2} \right)$
	x^9y	$C_{10} = \frac{1}{256} \left(\frac{1089x^7y}{c^{10}} + \frac{1818x^5y}{c^8} + \frac{8439x^3y}{c^6} - \frac{6002xy}{c^4} - \frac{12819x^2y^2}{c^8} - \frac{13893xy^2}{c^6} - \frac{9837y^2}{c^4} - \frac{315x^2}{c^2} - \frac{12819y^2}{c^2} - \frac{35}{c^2} \right)$
	x^8y^2	$C_{10} = \frac{1}{128} \left(\frac{1215x^6y^2}{c^{10}} - \frac{2574x^4y^2}{c^8} + \frac{18918x^2y^2}{c^6} - \frac{4320xy^2}{c^4} + \frac{8121xy^2}{c^2} \right)$
	y^{10}	$C_{10} = \frac{1}{256} \left(\frac{1215y^8}{c^{10}} - \frac{1575y^6}{c^8} + \frac{2145y^4}{c^6} - \frac{5005y^2}{c^4} + \frac{3003y^2}{c^2} - \frac{1155y^2}{c^2} + \frac{105y^2}{c^2} \right)$

図40の第3のCGH素子の光路係数の説明図（その3）

(21)

特開平11-72750

【図37】

光路係数	
x^0	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
x^2	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
x^4	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
y^0	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^2 y^0$	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^4 y^0$	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^0 y^2$	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^2 y^2$	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^4 y^2$	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^0 y^4$	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^2 y^4$	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^4 y^4$	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$

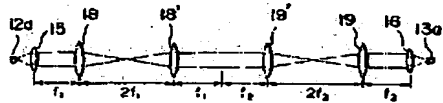
具体例6の第3のCGH素子の光路係数の説明図（その3）

【図38】

光路係数	
x^0	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
x^2	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
x^4	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
y^0	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^2 y^0$	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^4 y^0$	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^0 y^2$	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^2 y^2$	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^4 y^2$	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^0 y^4$	$C_{20} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^2}{f_1^2} + \frac{1718x^2}{f_1 f_2} + \frac{1386x^2}{f_2^2} + \frac{420x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^2 y^4$	$C_{22} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$
$x^4 y^4$	$C_{24} = \frac{1}{128} \left(\frac{683x^2}{f_1^2} + \frac{632x^2}{f_1 f_2} + \frac{632x^2}{f_2^2} + \frac{105x^2}{f_1^2 f_2} \right)$

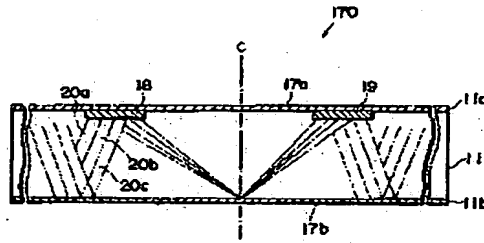
具体例6の第8のCGH素子の光路係数の説明図（その4）

【図42】



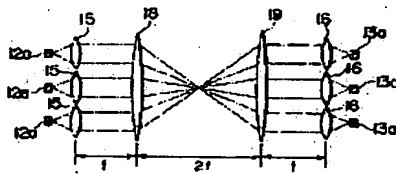
具体例7のリレーレンズ系を示す説明図

【図43】



本発明に係る光学装置の具体例8の一部を説明図に示す説明図

【図44】

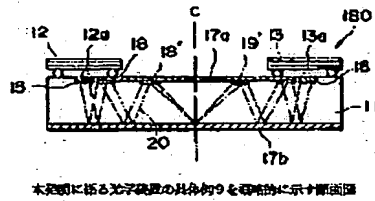


具体例8のリレーレンズ系を示す説明図

(22)

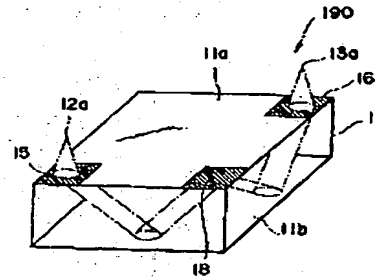
特開平11-72750

【図45】



本発明に係る光学装置の具の一例を示す断面図

【図47】



本発明に係る光学装置の具の一例を示す斜視図

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-072750

(43)Date of publication of application : 16.03.1999

(51)Int.Cl.

G02B 27/42

(21)Application number : 09-249612

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD
GIJUTSU KENKYU KUMIAI
SHINJOHO SHIYORI KAIHATSU
KIKO

(22)Date of filing : 29.08.1997

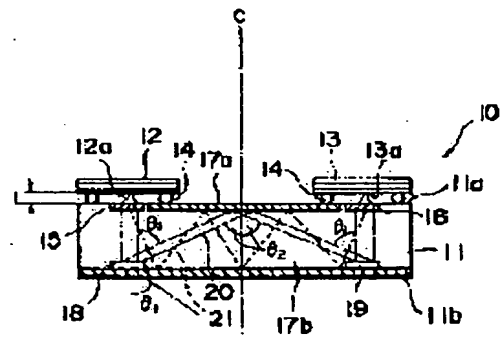
(72)Inventor : SASAKI HIRONORI

(54) FREE SPACE LIGHT WIRING OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a free space light wiring optical device capable of enhancing the latitude of layout and relatively low in loss due to reflection in an optical substrate.

SOLUTION: In this free space light wiring optical device 10 provided with an optical substrate 11 transmitting light through, a first CGH element (computer hologram) 15 provided on the optical substrate 11 to guide the light from a light source 12a into the optical substrate 11 and having a collimate function collimating the light from the light source 12a and a second CGH element 16 having a convergent function converging the collimated light through this CGH element 15 toward the outside of the optical substrate 11, a third CGH element 18 having a deflecting function for bending an optical path 20 in the optical path 20 in the optical substrate 11 from the first CGH element 15 to the second CGH element 16.



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] 1st CGH element which has the ***** function which is prepared in this optical substrate that the light from the light source should be guided into the optical substrate which allows transparency of light, and this optical substrate, and parallel-izes light from the aforementioned light source, It is the optical equipment for a free-space light wiring equipped with 2nd CGH element which has the condensing function which turns the parallel light which passed through this CGH element out of the aforementioned optical substrate, and is made to condense. Optical equipment for a free-space light wiring characterized by arranging 3rd CGH element which has a deflection function for making this optical path crooked in the optical path in the optical substrate from CGH element of the above 1st to 2nd CGH element.

[Claim 2] The aforementioned optical substrate is optical equipment for a free-space light wiring according to claim 1 with which it has the flat surface of an parallel couple mutually, the above 1st and 2nd CGH element are prepared in the flat surface of one of these, and the reflective means for reflecting the light in the aforementioned optical substrate is prepared in the fraction except the above 1st of both the aforementioned flat surfaces, and 2nd CGH element field.

[Claim 3] the above 1st and 2nd CGH element -- a deflection function -- not having -- 3rd CGH element -- respectively -- directly under [of the 1st and 2nd CGH elements] -- this every -- the optical equipment for a free-space light wiring according to claim 2 characterized by making a pair and being arranged corresponding to CGH element

[Claim 4] the above 1st and 2nd CGH element, and this every -- aforementioned every corresponding to CGH element -- the optical equipment for a free-space light wiring according to claim 3 characterized by 3rd CGH element sharing the ***** function for parallel-izing light from the aforementioned light source

[Claim 5] It is the optical equipment for a free-space light wiring according to claim 2 which the above 1st and 2nd CGH element have a deflection function in addition to a ***** function or a condensing function, and CGH element of the above 3rd makes a pair between the above 1st and 2nd CGH element at aforementioned one flat surface, and is formed.

[Claim 6] 3rd CGH element is optical equipment for a free-space light wiring according to claim 5 formed between the above 1st and 2nd CGH element that two or more groups in which each makes a pair should be constituted.

[Claim 7] each of 3rd CGH element which makes the aforementioned pair and is prepared -- a condensing function -- having -- both -- the optical equipment for a free-space light wiring according to claim 5 whose 3rd CGH element constitutes a relay lens system

[Claim 8] Optical equipment for a free-space light wiring according to claim 7 with which the aforementioned relay lens system makes a pair, and is symmetrically prepared between the above 1st and 2nd CGH element.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the packed type optical equipment using the computer generated hologram (CGH element is only called hereafter.) especially about the suitable optical equipment for a free-space light wiring to use it as a part of circuit of the so-called optoelectronics.

[0002]

[Description of the Prior Art] For miniaturization of an optoelectronics circuit, the packed type optical equipment for a free-space light wiring is proposed. It is used for this optical equipment for a free-space light wiring combining optically the optoelectronics chip module which becomes the optoelectronics chip module which becomes for example, a light source side, and a light-receiving side. An optoelectric transducer and an electric logical circuit are integrated and formed on a semiconductor chip, and these optoelectronics chip modules constitute the subsystem which has the function which each became independent of.

[0003] The aforementioned optical equipment is equipped with the optical substrate which allows the transparency according to the wavelength of the light like glass or silicon. Mutually [this optical substrate], the 2nd optoelectronics module chip (the 2nd module chip is called hereafter.) which becomes a 1st optoelectronics module chip [which becomes a light source side.] (1st module chip is called hereafter.), and light-receiving side turns the photogenesis section and the light-receiving section to an optical substrate, respectively, and is arranged fixed in one parallel field of the flat surface of a couple.

[0004] 2nd CGH element which becomes a 1st CGH element [which becomes a field an incidence side respectively corresponding to the 1st chip module and the 2nd chip module] and outgoing-radiation side while the optical substrate described above is prepared. Moreover, the reflective means for reflecting in angle the light from the 1st chip module guided into the optical substrate through 1st CGH element in the orientation of board thickness within an optical substrate, and leading to 2nd CGH element is suitably formed in both the flat surfaces of an optical substrate.

[0005] According to the optical equipment which the former described above, therefore, the light from the 1st chip module Show around into an optical substrate through 1st CGH element, and the zigzag path in an optical substrate is further met by the reflective means formed in both the flat surfaces of this optical substrate. Since it shows around at 2nd CGH element and it shows around through this 2nd CGH element at the 2nd chip module, both the chips module is optically combinable.

[0006] CGH element is used as an optical element which emits light to the optical element and the 2nd chip module which receive the light from the 1st chip module. CGH element is formed of etching processing of the lens material using the mask pattern which computer-processes the optical-path-difference coefficient of the Taylor-expansion approximation drawn from the optical-path-difference function which shows a desired optical property, and is obtained so that it may mention later.

[0007] From this, as a desired optical property, for 1st CGH element Two optical functions of the

deflection function to deflect the ***** function to change into the parallel flux of light the vapor spherical-wave light from the 1st chip module which is the light source, and this parallel flux of light, in the orientation of 2nd CGH element can be given. moreover, from the ability of two optical functions of the condensing function made to condense to the deflection function to turn the parallel flux of light to the light-receiving section of the 2nd chip module, and to make 2nd CGH element deflect it, and the concerned light-receiving section to be given The miniaturization is attained with the aforementioned optical equipment incorporating these CGHs element.

[0008] By the way, in a manufacture of CGH element, the etching down stream processing using the mask pattern is adopted as described above, and the minimum line width of this mask pattern receives direct influence in the performance of CGH element. That is, when it is going to give two functions of a deflection function, and a ***** function or a condensing function in multiplex to CGH element and it is going to give the big degree of deflection angle to a deflection function, the minimum line width of a mask pattern may become such a small value that the limitation of the resolution in a photolithography process is exceeded. Therefore, the limit that it is strong against the degree of deflection angle about the deflection function given to the 1st and 2nd CGH elements on a manufacture is received.

[0009] With the conventional aforementioned equipment, since it is directly led to a reflective means, without the light which received deflection with 1st CGH element receiving new deflection, it depends for the angle of reflection in a reflective means only on the degree of deflection angle of this CGH element. For this reason, with the conventional aforementioned equipment, between both CGHs elements by which the degree of deflection angle of the 1st and 2nd CGH elements sets a predetermined spacing, and has been arranged from the parvus and the degree of angle of reflection by the reflective means becoming small, the number of times of a repeat of reflex in the orientation of board thickness of the optical substrate by the reflective means increases, and, as a result, a reflection loss becomes large. Therefore, in order to prevent **** of the light by reflex, it is desirable to lessen the number of times of reflex by the reflective means as much as possible.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, such a big degree of deflection angle cannot be given to the degree of deflection angle of each CGH element that a reduction of the number of times of reflex is aimed at for the 1st and 2nd CGH elements since the constraint on a manufacture is received as described above. Moreover, contrary to this, without causing increase of the number of times of reflex, the spacing between both CGHs elements arranged corresponding to both the chips module could not be increased, and the constraint strong against the layout of a chip module might be received on the design.

[0011] Then, there are comparatively few losses by reflex within an optical substrate, or this invention aims at offering the optical equipment for a free-space light wiring which can raise the degree of freedom of a layout.

[0012]

[Means for Solving the Problem] The following configuration is used for this invention in order to solve the above point.

1st CGH element which has the ***** function which a <configuration> this invention is prepared in this optical substrate that the light from the light source should be guided into the optical substrate which allows transparency of light, and this optical substrate, and parallel-izes light from the aforementioned light source, In the optical equipment for a free-space light wiring equipped with 2nd CGH element which has the condensing function which turns the parallel light which passed through this CGH element out of the aforementioned optical substrate, and is made to condense It is characterized by having arranged 3rd CGH element which has a deflection function for making this optical path crooked in the optical path in the optical substrate from 1st CGH element to 2nd CGH element.

[0013] the 1st CGH element which has the ***** function which parallel-izes light from a light source side with the optical equipment for a free-space light wiring concerning a <operation> this invention -- this -- the 3rd CGH element inserted between 2nd CGH element

which has the condensing function make the parallel flux of light parallel-ized by 1st CGH element condense to a light-receiving side bears a part of deflection function [at least] of the 1st and 2nd CGH elements Without making the 1st and 2nd CGH elements bear a big deflection function, the deflection function of the 1st and 2nd CGH elements can be made to be able to share with 3rd CGH element, or only 3rd CGH element can be made to bear a deflection function from this.

[0014] Therefore, the degree of deflection angle of the light within an optical substrate can be made larger than the former by the deflection function of 3rd CGH element, without expecting a big deflection function like before to the 1st and 2nd CGH elements. When it is enabled by this to reduce the number of times of reflex within an optical substrate as compared with the former when the spacing between the 1st and 2nd CGH elements is made to hold to a predetermined value, and the number of times of reflex is held to a predetermined value, it is enabled to set up greatly the spacing between the 1st and 2nd CGH elements as compared with the former.

[0015] Therefore, according to this invention, the optical equipment for a free-space light wiring with which the reduction of the loss by reflex was prevented, or the degree of freedom of a layout was raised is offered.

[0016] Also in the former, the same substrate mutually equipped with the flat surface of an parallel couple can be used for the aforementioned optical substrate, it can prepare the 1st and 2nd CGH elements in the flat surface of one of these similarly in the former, and can prepare the same reflective means in the fraction except the above 1st of both the aforementioned flat surfaces of an optical substrate, and 2nd CGH element field also in the former (it corresponds to a claim 2).

[0017] a deflection function is borne for the above 1st and 2nd CGH element -- not making -- a ***** function -- giving -- 3rd CGH element -- respectively -- directly under [of the 1st and 2nd CGH elements] -- this every -- a pair can be made and arranged corresponding to CGH element (it corresponds to a claim 3) The degree of angle of refraction in an optical substrate with the conventional aforementioned equipment only depending on the deflection function of the 1st and 2nd CGH elements Although the maximum-deflection angle by the 1st and 2nd CGH elements was about 15 degrees when an optical substrate consisted of a glass material, it is compared, and according to this application, the maximum-deflection angle of about 45 degrees can be obtained by giving only a deflection function to this 3rd CGH element.

[0018] the 1st and 2nd CGH elements and this every -- the ***** function for parallel-izing light from the light source can be made to share with CGH element of the above 3rd corresponding to CGH element (it corresponds to a claim 4) Since increase of the effective-area product of 1st CGH element which receives the light from the light source can be aimed at and increase of the usurpation light from the light source can be aimed at by this by assignment of this ***** function, the property of optical equipment can be raised.

[0019] The 1st and 2nd CGH elements can be made to bear a part of deflection function of 3rd CGH element (it corresponds to a claim 5). By making the 1st and 2nd CGH elements bear a part of deflection function So that the reflected light in the reflective means prepared in the flat surface of an opposite side as the 1st of an optical substrate and 2nd CGH element were prepared may carry out incidence to 3rd CGH element It can prepare that this 3rd CGH element was prepared in the 1st of an optical substrate, and 2nd CGH element in the flat surface by the side of an identity, and is enabled to form the 1st, the 2nd, and 3rd CGH elements in batch by the manipulation work to one flat surface of an optical substrate.

[0020] two or more sets of 3rd CGH elements which make a pair when 3rd CGH element makes a pair and is arranged -- the [the 1st and] -- it can arrange between 2CGH elements (it corresponds to a claim 6) By applying 3rd CGH element which constitutes two or more sets of these pairs, it is enabled to correspond to the long distance between the 1st and 2nd CGH elements. Moreover, it is enabled to aim at a reduction of the number of times of reflex.

[0021] moreover, a relay lens system can be inserted between the 1st and 2nd CGH elements by 3rd CGH element of this couple by [of 3rd CGH element of a couple] being alike, respectively and giving a condensing function (it corresponds to a claim 7) By insertion of this relay lens system, it is enabled to correspond to long distance-ization between the 1st and 2nd same CGH

elements with having described above. Moreover, it is enabled to aim at a reduction of the number of times of reflex. Furthermore, the expansion phenomenon of the image by diffraction can be effectively suppressed by image formation operation of a relay lens system.

[0022] Two or more relay lens systems which make a pair can be symmetrically inserted between the 1st and 2nd CGH elements (it corresponds to a claim 8).

[0023] Furthermore, a relay lens system can consist of the so-called hybrid by giving a diameter of the macrostomia to which each acts on 3rd CGH element which constitutes a relay lens system in batch to the light of two or more optical paths specified by two or more 1st [the] and 2nd CGH element. Moreover, other 3rd CGH element which has a deflection function further can be inserted between the relay lens systems of a couple.

[0024] The explanation about the gestalt of operation of this invention is preceded, and the manufacture procedure of CGH element concerning this invention is outlined. CAD is used for the manufacture of CGH element and it is asked for the phase contrast function of the light within CGH element which shows a desired diffraction optical property. This phase contrast function is called optical-path-difference function $\rho(x, y)$. Optical-path-difference function $\rho(x, y)$ is the following formula. $\rho(x, y) = \sum C_N x^m y^n$ -- (1)

It comes out and is changed into the polynomial shown. Coefficient CN of this polynomial ($C_N x^m y^n$) It is called the optical-path-difference coefficient. It is a positive integer and n and m are this coefficient CN, respectively. It is also called the phase coefficient. Between N, m, and n, it is the following formula. $N = [(m+n)^2 + m + 3n] / 2$ -- (2)

*****.

[0025] This optical-path-difference coefficient CN It can ask as each term coefficient of the Taylor-expansion approximation searched for by the two-dimensional Taylor expansion, and the pattern of the mask for photolithographies required to acquire a request configuration by the photolithography can be made to generate by substituting for CAD program. As an example of such a CAD program, there is CghCAD of NIPT company in American California.

[0026] In this CAD program, the conditions whose N the sum of m and n is ten or less, and is 65 or less are attached from the relation of the capacity of data processing. Therefore, after asking for optical-path-difference function $\rho(x, y)$ which shows a desired optical property and asking for each optical-path-difference coefficient CN ($C_0 - C_{65}$) of this optical-path-difference function $\rho(x, y)$, it can ask for the mask pattern for CGH element which shows a desired diffraction optical property by inputting the data into CAD program.

[0027] The Gentlemen phase coefficient $C_0 - C_{65}$ can carry out the two-dimensional Taylor expansion of two-dimensional optical-path-difference function $\rho(x, y)$ about x shaft and the y-axis, and can ask for it from the approximation to the 10th term. This relation is expressed with the formula (3) shown in drawing 2. Δ of the 2nd term of the right-hand side of a formula (3) is the surplus term of a Taylor expansion, and is such a value small enough that it can ignore.

[0028] Gentlemen phase coefficient C_0 for which the drawing 3 or the drawing 9 developed the formula (3), and it asked It is explanatory drawing arranging and showing $-C_{65}$, i.e., the optical-path-difference coefficient $C_0 - C_{65}$, as relational expression of general formula $\rho(x, y)$ of an optical-path-difference function. It asks for optical-path-difference function $\rho(x, y)$ which shows a desired optical property, and C, the optical-path-difference coefficient C_0 , i.e., the phase coefficient, shown in drawing 3 - view 9 -,65 can be calculated from this optical-path-difference function $\rho(x, y)$, and the mask conditions for the computer generated hologram which shows a desired diffraction optical property can be searched for by inputting into CAD program which described these values above. Along with this mask pattern, the mask of required number of sheets is manufactured and CGH element which shows a desired diffraction optical property is obtained by etching processing of the lens material using the photolithography method by the combination of these masks.

[0029]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of illustration of this invention is explained in detail.

<Example 1> view 1 is the cross section showing the optical equipment concerning this invention roughly. It consists of an optical-glass material and the optical equipment 10 concerning this

invention is equipped with the plate-like optical substrate 11 which has the flat surfaces 11a and 11b of an parallel couple mutually. According to the wavelength of the light to deal with, the material which shows a high translucency to the wavelength, for example, a silicon substrate etc., can be used for the optical substrate 11.

[0030] a spacing is mutually set so that the 1st chip module 12 which becomes a light source side, and the 2nd chip module 13 which becomes a light-receiving side may make each photogenesis section 12a and light-receiving section 13a counter the optical substrate 11, one flat-surface 11a, i.e., surface 11a, of the optical substrate 11, -- as -- each bump 14 -- minding -- positioning ***** Each bump 14 serves as the end-connection child of each chip modules 12 and 13 by connecting with the printed-circuit section which was formed in surface 11a of the optical substrate 11 and not to illustrate as known well conventionally.

[0031] It is formed in surface 11a of the optical substrate 11 so that the 1st CGH element 15 which receives the spherical-surface vapor light from photogenesis section 12a of the chip module 12 of the light source slack 1st may be located directly under photogenesis section 12a. Moreover, the 2nd CGH element 16 is formed directly under light-receiving section 13a of the 2nd chip module 13 of surface 11a.

[0032] Reflective means 17a which consists of a dielectric film which has multilayer structure is formed in the field except these modules 12 and 13 of surface 11a in which the 1st and 2nd chip modules 12 and 13 were formed. Furthermore, same reflective means 17b is formed in about 1 appearance as having been formed in surface 11a at rear-face 11b which is the flat surface of another side of the optical substrate 11. These reflective meanses 17a and 17b can consist of a metal thin film like for example, aluminum *****.

[0033] Moreover, the formation field of reflective means 17b is overlapped, and the 3rd CGH element 18 and 19 is formed in the directly under position of each CGH elements 15 and 16 in rear-face 11b of the optical substrate 11, respectively. every -- the 3rd CGH element 18 and 19 is formed in the rear-face 11b so that it may be laid under the optical substrate 11 -- having -- **** -- every -- the 3rd CGH element 18 and 19 -- a wrap -- reflective means 17b is formed like

[0034] The 1st CGH element 15 has the ***** function which parallel-izes spherical-surface vapor light from photogenesis section 12a, and the deflection function is not given to it by the example 1 shown in drawing 1. therefore, the thing which the vapor light from photogenesis section 12a passes through the 1st CGH element 15 -- this -- while has been arranged directly under 1st CGH element, and it is changed into the parallel flux of light to the 3rd CGH element 18

[0035] Only the deflection function is given to the 3rd CGH element 18 which receives the parallel flux of light from the 1st CGH element 15. Therefore, although the 3rd CGH element 18, deflects the parallel flux of light from the 1st CGH element 15 in the advance orientation with the comparatively big degree theta 1 of deflection angle, wrap reflective means 17b reflects the front face of this 3rd CGH element 18 in the symmetrical orientation centering on the reflector.

[0036] Consequently, the parallel flux of light from the 1st CGH element 15 is refracted towards surface 11a of the optical substrate 11 with the degree theta 1 of deflection angle. The parallel flux of light refracted towards surface 11a is the transection position of imaginary line C passing through the mid-position of both the chips modules 12 and 13, and receives reflex at an angle theta 2 by reflective means 17a. The parallel flux of light which received reflex by reflective means 17a is turned to the 3rd CGH element 19 of another side arranged directly under 2nd CGH element.

[0037] The 3rd CGH element 19 of another side which receives the reflective parallel flux of light from reflective means 17a is optically [as one 3rd CGH element 18] equivalent, and it shows the 2nd CGH element 16 arranged right above [of the 3rd CGH element 19] to the parallel flux of light from reflective means 17a which carries out incidence of the front face at an angle theta 1 in cooperation with wrap reflective means 17b.

[0038] Similarly, a deflection function cannot be given but only the condensing function for making the parallel flux of light condense to light-receiving section 13a of the 2nd chip module 13 located in a way outside the optical substrate 11 is given [in / the 1st CGH element 15 / in the

2nd CGH element 16 which receives the parallel flux of light from the 3rd CGH element 19].

[0039] Therefore, in the optical substrate 11, the symmetrical optical path which sets a symmetry axis as imaginary line C passing through the mid-position of both the chips modules 12 and 13 is formed.

[0040] the 1st CGH element 15 for specifying a symmetrical optical path which was described above, and the 2nd CGH element 16 — optical — equivalent — moreover — both — the 3rd CGH element 18 and 19 is optically equivalent to mutual

[0041] Drawing 10 is explanatory drawing showing the optical property of the 1st CGH element 15. For the simplification of an explanation, the CGH element 15 is on the z-axis, and let the thickness dimension be such a value small enough that it can ignore. This postulate is the phase coefficient CN. Generality is not spoiled on calculation. The CGH element 15 changes the vapor spherical surface from point light source s on the z-axis into the parallel flux of light parallel to the z-axis as shown in drawing 10 .

[0042] Optical-path-difference function $\rho(x, y)$ of the 1st CGH element 15 is given by the following formula.

$$\rho(x, y) = (X^2 + Y^2 + L^2)^{1/2} - L \quad (5)$$

Here, L is the distance from the light source to a zero, and is equal to focal distance f.

[0043] Phase coefficient CN for the 1st CGH element 15 It is obtained by substituting a formula (5) for the formula (4-0) shown in drawing 3 - view 9 , - a formula (4-65). Each item CN excluding [those results of an operation] the term of the value of zero in the drawing 11 and the drawing 12 It is arranged and shown.

[0044] (The optical-path-difference coefficient CN, i.e., the phase coefficient, shown in drawings 11 and 12 Of used CAD program execution, the mask data for the 1st CGH element 15 can be obtained, and the 1st CGH element 15 is formed using the mask.)

[0045] It can be considered that the 2nd CGH element 16 is equivalent to the 1st CGH element 15 by inverting an incidence and outgoing-radiation side, namely, making point light source s into an image formation point about the optical property shown in drawing 10 . Therefore, the 2nd CGH element 16 can be obtained like the 1st above mentioned CGH element 15.

[0046] Next, the optical property of the 3rd CGH element 18 is shown in drawing 13 . It considers as such a value small enough that the CGH element 18 is on the z-axis similarly for the simplification of an explanation and the thickness dimension can be disregarded also in drawing 10 . A zero is assumed to be in the flat surface containing a passage, the X-axis, and Y-axis as the CGH element 18 is shown in drawing 10 . The incidence parallel flux of light to the CGH element 18 is parallel to the z-axis, and the outgoing-radiation parallel flux of light is parallel to the vector component (alpha, beta, gamma) which passes along a zero.

[0047] Optical-path-difference function $\rho(x, y)$ of this 3rd CGH element 18 is the following formula and [0048].

$$\rho(x, y) = -(\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (6)$$

It is come out and expressed. Therefore, it is the phase coefficient CN for the 3rd CGH element 18 by substituting a formula (6) for the formula (4-0) shown in drawing 3 - view 9 , - a formula (4-65). It is asked. Each item CN excluding [those results of an operation] the term of the value of zero in drawing 14 It is arranged and shown.

[0049] (The optical-path-difference coefficient CN, i.e., the phase coefficient, shown in drawing 14 Of used CAD program execution, the mask data for one 3rd CGH element 18 can be obtained, and the 3rd CGH element 18 is formed using the mask.)

[0050] Moreover, optical-path-difference function $\rho(x, y)$ about the 3rd CGH element 19 of another side is obtained by just changing the sign of the right-hand side of a formula (6) from negative. Therefore, if the CGH element 18 is obtained, the 3rd CGH element 19 can be obtained with the same procedure.

[0051] With the optical equipment 10 of the above mentioned example 1, the function which a deflection function is not given to the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16, but the ***** function which parallel-izes vapor light about the 1st CGH element 15 is given to them, and condenses the parallel flux of light about the 2nd CGH element 16 is given. Moreover, only the deflection function is given to the 3rd CGH element 18 and 19. The minimum width of

face of a mask pattern described above for obtaining CGH element which has such a single function shows a big value as compared with it which has a compound function.

[0052] Therefore, conventionally which gives a ***** function and a polarization function to 1st CGH element, with equipment, the maximum-deflection angle of 1st CGH element is about 15 degrees, and the degree of angle of reflection in an optical substrate was prescribed by this deflection angle.

[0053] On the other hand, in the invention in this application, since only the deflection function is given to the 3rd CGH element 18 and 19 which has a deflection function, even if it sets up the deflection angle θ_1 more greatly than conventional it, the minimum width-of-face dimension of the mask pattern for obtaining this 3rd CGH element 18 and 19 does not become so small that the resolution in the photolithography process performed using this mask pattern is exceeded.

[0054] With the 3rd CGH element 18 and 19 concerning this invention, it is enabled to set up the degree of deflection angle of the big value exceeding about 45 degrees from this. Therefore, it attaches through the optical path 20 within the optical substrate 11 between the 1st chip module 12 and the 2nd chip module 13, and is enabled to aim at a reduction of a reflection loss as compared with the conventional optical path 21 shown by the drawing medium wave line by aiming at a reduction of the number of times of reflex by the reflective meanses 17a and 17b.

[0055] Moreover, contrary to this, by holding the number of times of reflex identically, the distance between the 1st chip module 12 and the 2nd chip module 13 can be set up more greatly than the former, and, thereby, the degree of freedom of a layout increases.

[0056] Furthermore, it is enabled to set up the effective-area product of a lens greatly also about the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16, as compared with the former, since the minimum width-of-face dimension of a mask pattern can be similarly increased in 3rd CGH element, since the deflection function is not given. It becomes possible to make it by this adapted for the light source with numerical aperture bigger than the former.

[0057] Fundamentally, the optical equipment 110 of the example 2 shown in <example 2> view 15 has the same configuration as an example 1 except for the difference later mentioned about the optical property of each CGH elements 15, 16, 18, and 19. The same reference mark as this is given to the same functional division as the optical equipment 10 shown in the example 1.

[0058] Drawing 16 is explanatory drawing showing the optical property of the CGH elements 15 and 18 of an example 2. Light source s was located in the point which separated distance L with the 1st CGH element 15 equal to the focal distance f in an example 1. On the other hand, by the example 2, light source s is arranged at distance L shorter than focal distance f. Therefore, optical-path-difference function $\rho(x, y)$ about the 1st CGH element 15 of an example 2 will be given by the following formula, if the focal distance is set to f.

$$\rho(x, y) = (X^2 + Y^2 + f^2)^{1/2} - f \quad (7)$$

[0059] Phase coefficient CN for the 1st CGH element 15 It substitutes for the formula (4-0) having shown the formula (7) in drawing 3 - view 9, - a formula (4-65), and is obtained. Each item CN excluding [those results of an operation] the term of the value of zero in the drawing 17 and the drawing 18 It is arranged and shown.

[0060] Therefore, the 1st CGH element 15 is formed with having described above of the ***** process using the mask pattern for which it was asked by the same procedure. Moreover, the 2nd equivalent CGH element 16 can be optically formed like this CGH element 15 with this CGH element 15.

[0061] By the example 2, the vapor light from light source s is received by distance L shorter than focal distance f as shown in the drawing 15 and the drawing 16. Therefore, the light which goes to the 3rd CGH element 18 from the 1st CGH element 15 turns into the vapor light which spreads at few breadth angles, without becoming the perfect parallel flux of light.

[0062] By the example 2, shortage of the ***** function of the 1st CGH element 15 is compensated with the 2nd CGH element 16. That is, in addition to the deflection function of the CGH element 16 shown in the example 1, the ***** function to change into the parallel flux of light the light from the light source which separated distance l is added to the 2nd CGH element 16.

[0063] Supposing the 2nd CGH element 16 which was able to give this supplementary

***** function makes the center in agreement with the z-axis and is on an x-y flat surface, the 2nd CGH element 16 makes orientation (alpha, beta, gamma) deflect the vapor spherical wave from a virtual-image point (X, Y, Z) with reference to drawing 16 -ization [parallel], i.e., after *****-izing. Optical-path-difference function rho (x, y) of this 2nd CGH element 16 is shown by the following formula.

[0064]

$$\rho(x, y) = [(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2]^{1/2} - l - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (8)$$

Here, distance l from a virtual-image point (X, Y, Z) to the center of the 2nd CGH element 16 is shown by the following formula.

$$l = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \quad (9)$$

[0065] Therefore, phase coefficient CN for the 2nd CGH element 16 It substitutes for the formula (4-0) having shown the formula (8) in drawing 3 - view 9 , - a formula (4-65), and is obtained. In drawing 19 - view 24 , those results of an operation are each item CN. It is arranged and shown.

[0066] Therefore, the 2nd CGH element 16 is formed with having described above of the ***** process using the mask pattern for which it was asked by the same procedure. Moreover, the 3rd CGH element 19 of another side is obtained by just changing the sign of the 3rd term of the right-hand side of the formula (8) of optical-path-difference function rho (x, y) about one 3rd CGH element 18 from negative. Therefore, if the CGH element 18 is obtained, the 3rd CGH element 19 of another side can be obtained with the same procedure.

[0067] According to the optical equipment 110 of an example 2, since a ***** function is added to the 3rd CGH element 18 and 19 auxiliary in addition to a deflection function, in an example 1, a big deflection angle is not securable. However, according to the example 2, when the degree big enough of deflection angle is securable as compared with the former, since increase of the substantial effective-area product of the 1st CGH element 15 can be aimed at, the flux of light from light source s can be caught more effectively, and, thereby, enhancement in the optical property of the optical equipment 10 can be aimed at.

[0068] In addition to the ***** function or the condensing function, with the optical equipment 120 of the example 3 shown in <example 3> view 25 , the deflection function is similarly added to the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16 in the former. Moreover, the 3rd CGH element 18 and 19 arranged at an optical path 20 is formed in the same surface 11a as the field where the 1st CGH element 15 and 16 of the optical substrate 11 has been arranged.

[0069] Drawing 26 is explanatory drawing showing the optical property of the 1st CGH element 15 shown in the example 3. The 1st CGH element 15 shown in drawing 26 is changed into the parallel flux of light parallel to the vector component (alpha, beta, gamma) of the light of the request which passes the vapor spherical wave from point light source s on the z-axis along a zero. Point light source s exists in the position which separated distance L from the zero on the Z-axis. Optical-path-difference function rho (x, y) of this 1st CGH element 15 is given by the following formula.

[0070]

$$\rho(x, y) = (x^2 + y^2 + L^2)^{1/2} - L - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (10)$$

L is the distance from the light source to a zero by the formula (10), and it is equal to focal distance f. The result which substitutes for each formula (4-0) of drawing 3 - view 9 - a formula (4-65), and was obtained arranges the optical-path-difference function expressed with this formula (10) to drawing 27 , and it is shown.

[0071] (Therefore, the optical-path-difference coefficient CN, i.e., the phase coefficient, shown in drawing 27 Of used CAD program execution, the mask data for the 1st CGH element 15 can be obtained, and the 1st CGH element 15 is formed using the mask.) Moreover, this CGH element 15 and the 2nd equivalent CGH element 16 are formed similarly.

[0072] Again with reference to drawing 25 , by passing through the 1st CGH element 15, the spherical-surface vapor light from photogenesis section 12a of the 1st chip module 12 is changed into the parallel flux of light by the ***** function of this CGH element, and receives deflection by the deflection function. Incidence of the parallel flux of light which

received deflection through the 1st CGH element 15 is carried out to the 3rd CGH element 18 by reflective means 17b.

[0073] The optical property of the 3rd CGH element 18 which receives the parallel flux of light from this reflective means 17b is shown in drawing 28. The 3rd CGH element 18 which has the property shown in drawing 28 achieves the same function as the prism which deflects the parallel flux of light with the arbitrary degrees of deflection angle to the parallel flux of light with the arbitrary degrees of deflection angle. The incidence parallel flux of light is parallel to the vector component (alpha 1, beta 1, and gamma 1) of the light which passes along a zero, and the outgoing-radiation parallel flux of light is parallel to the vector component (alpha 2, beta 2, and gamma 2) which passes along a zero.

[0074] Optical-path-difference function $\rho(x, y)$ of this 3rd CGH element 18 is the following formula. $\rho(x, y) = (\alpha_1 x + \beta_1 y) / (\alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2)^{1/2} - (\alpha_2 x + \beta_2 y) / (\alpha_2^2 + \beta_2^2 + \gamma_2^2)^{1/2}$ -- (11)

It is come out and expressed.

[0075] as the term acquired by those partial differentials being shown in drawing 29, since a formula (11) is a primary formula of x and y, when a formula (11) is substituted for a formula (4-0) -- a formula (4-65) and the result of an operation of each optical-path-difference coefficient about optical-path-difference function $\rho(x, y)$ is arranged -- the term C0 -- C2 it is.

[0076] Therefore, the optical-path-difference coefficient C0 shown in drawing 29 -- C2 It is the optical-path-difference coefficient CN about each value. It carries out and the data of the mask pattern for the 3rd CGH element 18 are obtained by same CAD program execution with having described above.

[0077] The parallel flux of light which carries out incidence to this CGH element can be deflected with the comparatively big degree of deflection angle, and the 3rd CGH element 18 is again turned to reflective means 17b by wrap reflective means 17a, and it is reflected by the 3rd CGH element 18 which has, a prism function, i.e., the deflection function, which was described above.

[0078] In response to reflex, incidence of the reflected light towards reflective means 17a is again carried out to the 3rd CGH element 19 of another side by reflective means 17b. The optical path 20 by deflection with this CGH element 19 and the reflex by reflective means 17a sets a symmetry axis as center line C, and is formed symmetrically.

[0079] Therefore, by the same procedure, it can form and the 2nd equivalent CGH element 16 is optically formed [in / the CGH element 18 / in the 3rd CGH element 19 of another side which makes one 3rd CGH element 18 and a pair] like the 1st CGH element 15 with the 1st CGH element 15.

[0080] With the optical equipment 120 of the example 3 shown in drawing 25, the 1st and 2nd CGH elements 15 and 16 have a deflection function similarly in the former. However, the angle of refraction of the optical path 20 within the optical substrate 11 can be greatly set as the optical path 20 in the optical substrate 11 by the deflection function of the 3rd CGH element 18 and 19, without receiving regulation of angle of reflection, without being dependent only on the deflection function of the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16 since the 3rd CGH element 18 and 19 which has a deflection function is arranged.

[0081] Moreover, by the example 3, each CGH element of the 1st CGH element 15, the 2nd CGH element 16, and the 3rd CGH element 18 and 19 is formed in surface 11a of the optical substrate 11. therefore, both sides of the optical substrate 11 -- the manipulation for CGH element -- it is not necessary to give -- etching technique -- surface 11a -- every -- since the CGH elements 15, 16, 18, and 19 can be formed in batch, it is enabled to attain simplification of a manufacturing process

[0082] <Example 4> view 30 expands the optical equipment 130 of an example 4 partially, and shows it. Although the example 3 showed the example which inserted the 3rd CGH element 18 and 19 of a couple in the optical path 20 between the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16, the 3rd CGH element 18' and 19' which make the same pair can be further inserted between the 3rd CGH element 18 of a couple, and 19.

[0083] The 3rd CGH element 18 makes the outgoing-radiation angle theta 2 deflect the parallel flux of light which carries out incidence with the degree theta 1 of incident angle by the example

4. Moreover, 3rd CGH element 18' makes the outgoing-radiation angle theta 3 deflect the parallel flux of light which carries out incidence with the degree theta 2 of incident angle. Moreover, the deflection function is given so that the symmetrical optical path 20 to which the 3rd CGH element 19 and 19' set a symmetry axis as center line C may be formed.

[0084] 3rd CGH element which makes 3 or more sets of pairs can be used, and increase of the bond-length distance between a reduction of the number of times of reflex or the 1st chip module 12, and the 2nd chip module 13 can be more effectively aimed at by carrying out multi-stage arrangement of the 3rd CGH element which makes a pair.

[0085] Although 3rd CGH element showed the example which deflects the one parallel flux of light by the <example 5> examples 1-4 As shown in drawing 31 as optical equipment 140 of an example 5 according to two or more parallel flux of lights the time of the optical path 20 (20a, 20b, and 20c) parallel to mutual being dealt with -- every -- two or more of these parallel flux of lights can be deflected in batch by considering the 3rd CGH element 18 and 19 as the so-called hybrid configuration

[0086] The 3rd CGH element 18 and 19 of a couple constitutes a relay lens system from the optical equipment 150 of the example 6 shown in <example 6> view 32. The 3rd CGH element 18 and 19 which constitutes this relay lens system fulfills the confocal conditions with the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16 as it is shown in drawing 33 (a).

[0087] The beam-of-light determinant of the optical system which fulfills confocal conditions is shown in drawing 33 (b). therefore, it has focal distance f between the 1st CGH element 15 which has the ***** function which parallel-izes vapor light from photogenesis section 12a, and the 2nd CGH element 16 which has the condensing function which condenses the parallel flux of light to light-receiving section 13a -- both -- the above mentioned relay lens system can be constituted by arranging the 3rd CGH element 18 and 19 as shown in drawing 33 (a)

[0088] In addition to the above mentioned ***** function or the above mentioned condensing function, with the optical equipment 150 of an example 6, the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16 have a deflection function. Such CGH elements 15 and 16 can be formed with the procedure are the same as that of the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16 in the example 3 shown in drawing 25, and same with having explained the example 3.

[0089] In addition to the condensing function which condenses by the above mentioned focal distance f, the 3rd CGH element 18 and 19 of an example 6 has a deflection function. Drawing 34 shows the optical property of this CGH element 18. The 3rd CGH element 18 in an example 6 has the function to change the vapor spherical wave from point light source s into the parallel flux of light as it is shown in drawing 34. Supposing the CGH element 18 makes a center in agreement with the z-axis, and is arranged on x-y-th page and the vapor light from point light source s located in a coordinate (X, Y, Z) is changed into the parallel flux of light expressed with the vector component (alpha, beta, gamma) which passes along a zero, optical-path-difference function rho (x, y) of the 3rd CGH element 18 is the following formula [0090].

$$\rho(x, y) = [(X-x)^2 + (Y-y)^2 + Z^2]^{1/2} - f - (\alpha x + \beta y) / (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2)^{1/2} \quad (12)$$

Here, distance f from a zero to point light source s is shown by the following formula.

$$f = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \quad (13)$$

[0091] Therefore, phase coefficient CN for the 3rd CGH element 18 In the above mentioned example, similarly, it substitutes for each formula having shown the formula (12) in drawing 3 - view 9, and is obtained. Those results of an operation are arranged and shown in drawing 35 - view 40. With the same procedure using this result of an operation, the 3rd CGH element 18 can be obtained with having described above. Moreover, the 3rd CGH element 19 can be obtained with the same procedure with having obtained this 3rd CGH element 18.

[0092] By constituting a relay lens system which was described above by the 3rd CGH element 18 and 19 of a couple, the length of an optical path 20 can be increased more effectively, or a reduction of the number of times of reflex by the reflective meanses 17a and 17b can be aimed at. Moreover, although the influence of diffraction becomes large when opening of the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16 is a minor-diameter lens called several 100 microns or

less, it is enabled to suppress the influence of diffraction to the minimum extent by image formation by using a relay lens system.

[0093] It can be made to apply from having an image formation operation effectively also to the flux of light by which parallel-ization is not attained completely by the relay lens system which fills confocal conditions with an example 6 also including the example mentioned later although the example in which the ***** light from the 1st CGH element 15 carries out incidence to the relay lens system which consists of the 3rd CGH element 18 and the 3rd CGH element 19 was shown.

[0094] <Example 7> view 41 shows the optical equipment 160 of the example 7 which inserted two or more relay lens systems between the 1st CGH element 15 and the 2nd CGH element 16. The 1st CGH element 15 and parallel flux of light which changes the vapor light from photogenesis section 12a into the parallel flux of light between the 2nd CGH element 16 which makes light-receiving section 13a condense as shown in drawing 42 Two relay lens systems which consist of 1 set of 3rd CGH elements 18 and 18', and other 1 set of 3rd CGH elements 19 and 19' are inserted in in-series. Confocal conditions (f_1 , f_2) as the example 6 of drawing 33 explained are fulfilled, respectively as shown in drawing 42 each class. Moreover, as for the 3rd CGH element 18 and 19, and the 3rd CGH element 18' and 19', each degree of deflection angle is set up so that the optical path 20 symmetrical as a symmetry axis may be formed in center line c.

[0095] between the 3rd CGH element 18 of a couple, and 19 — every — as compared with the angle of reflection depending on reflective means 17a, the still big degree of angle of refraction can be set up by deflection operation of this CGH element 18' and 19' by inserting the 3rd CGH element 18' and 19' which constitute the CGH elements 18 or 19 and a relay lens

[0096] <Example 8> view 43 shows the example 8 which applied the same hybrid configuration that the example 5 showed to the relay lens system. With the optical equipment 170 of an example 8, each parallel flux of light which passes through two or more optical paths 20 (20a, 20b, and 20c) from each photogenesis section 12a is dealt with in batch by the 3rd CGH element 18 and the 3rd CGH element 19 which fulfill confocal conditions (focal distance f) as shown in drawing 44 :

[0097] <Example 9> view 45 shows the example 9 which inserted in the relay lens system CGH element of the couple which has a deflection function. With the optical equipment 180 of an example 9, the spherical-surface vapor light from photogenesis section 12a receives conversion ** and deflection in the parallel flux of light by the 1st CGH element 15 as shown in the drawing 45 and the drawing 46 . Moreover, towards light-receiving section 13a, the parallel flux of light receives deflection, and is condensed by the 2nd CGH element 16.

[0098] The relay lens system which has the same confocal conditions (focal distance f) with having described above by the 3rd CGH element 18 and 19 which has a deflection function between both this CGHs element 15 and 16 is constituted. Furthermore, the 3rd CGH element 18' and 19' of a couple which have a deflection function are inserted between the 3rd CGH element 18 which constitutes this relay lens system, and 19.

[0099] Also by inserting in a relay lens system 3rd CGH element which has a deflection function, the length of an optical path 20 can be increased effectively, or a reduction of the number of times of reflex by the reflective meanses 17a and 17b can be aimed at as shown in this example 9.

[0100] Although it has only a deflection function, namely, CGH element 18' and 19' which have a prism function were inserted in the example shown in the drawing 45 and the drawing 46 between the 3rd CGH element 18 of the couple which constitutes a relay lens system, and 19 It can replace with this and CGH element 18' and 19' which have a prism function can be inserted between the 1st CGH element 15 and the 3rd CGH element 18 and between the 2nd CGH element 16 and the 3rd CGH element 19.

[0101] Although the <example 10> example 1 – the example 9 explained deflection of an optical path 20 on the two-dimensional flat surface Between the 2nd CGH element 16 which makes it make deflect the parallel flux of light acquired by the 1st CGH element 15 and this CGH element 15 which collimates and deflects the vapor spherical wave from photogenesis section 12a light-

receiving section 13a and condense as shown in drawing 47. The 3rd CGH element 18 deflected in the request orientation in 3 dimensions can be inserted. By inserting such 3rd CGH element 18 in the request part of the optical path 20 in the optical substrate 11, it is enabled to raise the degree of freedom of the layout of an optical wiring remarkably.

[0102] In the above mentioned place, for the simplification of an explanation, it assumed that the optical substrate 11 was arranged in a vacuum (refractive-index =1), and explained. Therefore, when the optical substrate 11 is arranged in the medium which has refractive indexes other than one, the optical path length which multiplied the refractive index of the medium is adopted as the optical path length.

[0103]

[Effect of the Invention] without according to this invention, expecting a big deflection function like before to the 1st and 2nd CGH elements, as described above by the deflection function of 3rd CGH element. Since the degree of deflection angle of the light within an optical substrate can be made larger than the former, when the spacing between the 1st and 2nd CGH elements is made to hold to a predetermined value, When it is enabled to reduce the number of times of reflex within an optical substrate as compared with the former and the number of times of reflex is held to a predetermined value, it is enabled to set up greatly the spacing between the 1st and 2nd CGH elements as compared with the former. Therefore, according to this invention, the optical equipment for a free-space light wiring with which the reduction of the loss by reflex was prevented, or the degree of freedom of a layout was raised is offered.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section showing roughly the example 1 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 2] It is explanatory drawing of a Taylor-expansion formula.

[Drawing 3] It is explanatory drawing (the 1) of the optical-path-difference coefficient by the Taylor expansion.

[Drawing 4] It is explanatory drawing (the 2) of the optical-path-difference coefficient by the Taylor expansion.

[Drawing 5] It is explanatory drawing (the 3) of the optical-path-difference coefficient by the Taylor expansion.

[Drawing 6] It is explanatory drawing (the 4) of the optical-path-difference coefficient by the Taylor expansion.

[Drawing 7] It is explanatory drawing (the 5) of the optical-path-difference coefficient by the Taylor expansion.

[Drawing 8] It is explanatory drawing (the 6) of the optical-path-difference coefficient by the Taylor expansion.

[Drawing 9] It is explanatory drawing (the 7) of the optical-path-difference coefficient by the Taylor expansion.

[Drawing 10] It is explanatory drawing showing the optical property of 1st CGH element of an example 1.

[Drawing 11] It is explanatory drawing (the 1) of the optical-path-difference coefficient of 1st CGH element of an example 1.

[Drawing 12] It is explanatory drawing (the 2) of the optical-path-difference coefficient of 1st CGH element of an example 1.

[Drawing 13] It is explanatory drawing showing the optical property of 3rd CGH element of an example 1.

[Drawing 14] It is explanatory drawing of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 1.

[Drawing 15] It is the cross section showing roughly the example 2 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 16] It is explanatory drawing showing the optical property of the 1st of an example 2, and 3rd CGH element.

[Drawing 17] It is explanatory drawing (the 1) of the optical-path-difference coefficient of 1st CGH element of an example 2.

[Drawing 18] It is explanatory drawing (the 2) of the optical-path-difference coefficient of 1st CGH element of an example 2.

[Drawing 19] It is explanatory drawing (the 1) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 2.

[Drawing 20] It is explanatory drawing (the 2) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 2.

[Drawing 21] It is explanatory drawing (the 3) of the optical-path-difference coefficient of 3rd

CGH element of an example 2.

[Drawing 22] It is explanatory drawing (the 4) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 2.

[Drawing 23] It is explanatory drawing (the 5) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 2.

[Drawing 24] It is explanatory drawing (the 6) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 2.

[Drawing 25] It is the cross section showing roughly the example 3 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 26] It is explanatory drawing showing the optical property of 1st CGH element of an example 3.

[Drawing 27] It is explanatory drawing of the optical-path-difference coefficient of 1st CGH element of an example 3.

[Drawing 28] It is explanatory drawing showing the optical property of 3rd CGH element of an example 3.

[Drawing 29] It is explanatory drawing of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 3.

[Drawing 30] It is the cross section showing roughly a part of example 4 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 31] It is the cross section showing roughly a part of example 5 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 32] It is the cross section showing roughly the example 6 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 33] It is explanatory drawing of the relay lens system of an example 6.

[Drawing 34] It is explanatory drawing showing the optical property of 3rd CGH element of an example 6.

[Drawing 35] It is explanatory drawing (the 1) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 6.

[Drawing 36] It is explanatory drawing (the 2) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 6.

[Drawing 37] It is explanatory drawing (the 3) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 6.

[Drawing 38] It is explanatory drawing (the 4) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 6.

[Drawing 39] It is explanatory drawing (the 5) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 6.

[Drawing 40] It is explanatory drawing (the 6) of the optical-path-difference coefficient of 3rd CGH element of an example 6.

[Drawing 41] It is the cross section showing roughly the example 7 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 42] It is explanatory drawing showing the relay lens system of an example 7.

[Drawing 43] It is the cross section showing roughly a part of example 8 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 44] It is explanatory drawing showing the relay lens system of an example 8.

[Drawing 45] It is the cross section showing roughly the example 9 of the optical equipment concerning this invention.

[Drawing 46] It is explanatory drawing showing the relay lens system of an example 9.

[Drawing 47] It is the perspective diagram showing roughly the example 10 of the optical equipment concerning this invention.

[Description of Notations]

10, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, and 190 Optical equipment

11 Optical Substrate

11a and 11b Flat surface of an optical substrate

12a Light source (photogenesis section of the 1st chip module)

15 1st CGH Element
16 2nd CGH Element
17a and 17b Reflective means
18, 18', 19, and 19' 3rd CGH element
20 Optical Path

[Translation done.]

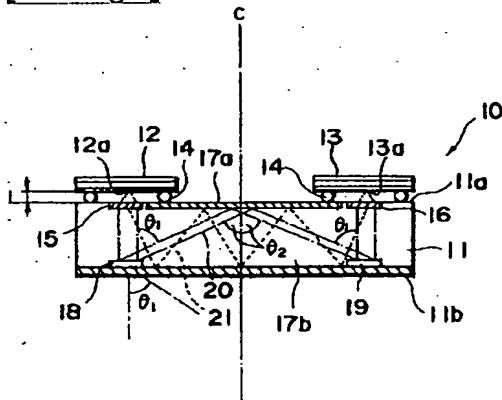
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



本発明に係る光学装置の具体例 1

[Drawing 2]

$$\rho(x, y) = \sum_{r=0}^{10} \frac{1}{r!} \left(x \frac{\partial}{\partial \eta} + y \frac{\partial}{\partial \zeta} \right)^r \rho(\eta, \zeta) \Big|_{\eta=\zeta=0} + \Delta \quad (3)$$

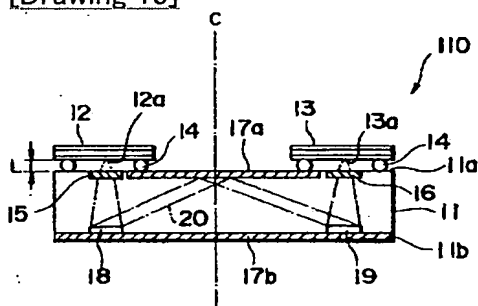
テイラー展開式の説明図

[Drawing 5]

m+n	べき級数	光路差係数	式番号
6	x^0	$C_{21} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-21)
	$x^5 y$	$C_{22} = \frac{1}{120} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-22)
	$x^4 y^2$	$C_{23} = \frac{1}{48} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-23)
	$x^3 y^3$	$C_{24} = \frac{1}{36} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-24)
	$x^2 y^4$	$C_{25} = \frac{1}{48} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-25)
	$x y^5$	$C_{26} = \frac{1}{120} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-26)
	y^6	$C_{27} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-27)

テイラー展開による光路差係数の説明図 (その3)

[Drawing 15]



本発明に係る光学装置の具体例2

[Drawing 3]

m+n	べき級数	光路差係数	式番号
0	1	$C_0 = 1$	(4-0)
1	x	$C_1 = \frac{\partial}{\partial x} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-1)
	y	$C_2 = \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-2)
2	x^2	$C_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-3)
	xy	$C_4 = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-4)
	y^2	$C_5 = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-5)
3	x^3	$C_6 = \frac{1}{6} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-6)
	$x^2 y$	$C_7 = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-7)
	$x y^2$	$C_8 = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-8)
	y^3	$C_9 = \frac{1}{6} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-9)

テイラー展開による光路差係数の説明図 (その1)

[Drawing 4]

m+n	べき級数	光路差係数	式番号
4	x^4	$C_{10} = \frac{1}{24} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-10)
	$x^3 y$	$C_{11} = \frac{1}{6} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-11)
	$x^2 y^2$	$C_{12} = \frac{1}{4} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-12)
	xy^3	$C_{13} = \frac{1}{6} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-13)
	y^4	$C_{14} = \frac{1}{24} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-14)
5	x^5	$C_{15} = \frac{1}{120} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-15)
	$x^4 y$	$C_{16} = \frac{1}{24} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-16)
	$x^3 y^2$	$C_{17} = \frac{1}{12} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-17)
	$x^2 y^3$	$C_{18} = \frac{1}{12} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-18)
	xy^4	$C_{19} = \frac{1}{24} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-19)
	y^5	$C_{20} = \frac{1}{120} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-20)

テイラー展開による光路差係数の説明図 (その2)

[Drawing 6]

m+n	べき級数	光路差係数	式番号
7	x^7	$C_{28} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-28)
	$x^6 y$	$C_{29} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-29)
	$x^5 y^2$	$C_{30} = \frac{1}{240} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-30)
	$x^4 y^3$	$C_{31} = \frac{1}{144} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-31)
	$x^3 y^4$	$C_{32} = \frac{1}{144} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-32)
	$x^2 y^5$	$C_{33} = \frac{1}{240} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-33)
	xy^6	$C_{34} = \frac{1}{720} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-34)
	y^7	$C_{35} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-35)

テイラー展開による光路差係数の説明図 (その4)

[Drawing 7]

m+n	べき級数	光路差係数	式番号
8	x^8	$C_{36} = \frac{1}{40320} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-36)
	$x^7 y$	$C_{37} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^7 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-37)
	$x^6 y^2$	$C_{38} = \frac{1}{1440} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-38)
	$x^5 y^3$	$C_{39} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-39)
	$x^4 y^4$	$C_{40} = \frac{1}{576} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-40)
	$x^3 y^5$	$C_{41} = \frac{1}{720} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-41)
	$x^2 y^6$	$C_{42} = \frac{1}{1440} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-42)
	$x y^7$	$C_{43} = \frac{1}{5040} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^1 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-43)
	y^8	$C_{44} = \frac{1}{40320} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-44)

テイラー展開による光路差係数の説明図（その5）

[Drawing 8]

m+n	べき級数	光路差係数	式番号
9	x^9	$C_{45} = \frac{1}{362880} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^9 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-45)
	$x^8 y$	$C_{46} = \frac{1}{40320} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^8 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-46)
	$x^7 y^2$	$C_{47} = \frac{1}{10080} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^7 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-47)
	$x^6 y^3$	$C_{48} = \frac{1}{4320} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-48)
	$x^5 y^4$	$C_{49} = \frac{1}{2880} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-49)
	$x^4 y^5$	$C_{50} = \frac{1}{2880} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-50)
	$x^3 y^6$	$C_{51} = \frac{1}{4320} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-51)
	$x^2 y^7$	$C_{52} = \frac{1}{10080} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-52)
	$x y^8$	$C_{53} = \frac{1}{40320} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-53)
	y^9	$C_{54} = \frac{1}{362880} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^9 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-54)

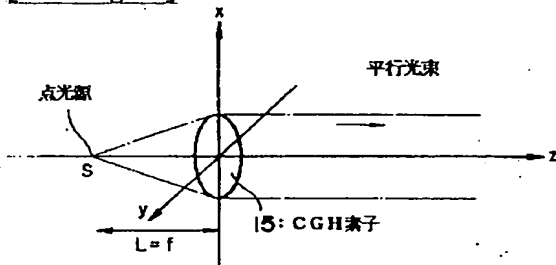
テイラー展開による光路差係数の説明図（その6）

[Drawing 9]

m+n	べき級数	光路差係数	式番号
10	x^{10}	$C_{55} = \frac{1}{3628800} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^{10} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-55)
	$x^9 y$	$C_{56} = \frac{1}{362880} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^9 \frac{\partial}{\partial y} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-56)
	$x^8 y^2$	$C_{57} = \frac{1}{80640} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^8 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^2 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-57)
	$x^7 y^3$	$C_{58} = \frac{1}{30240} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^7 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^3 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-58)
	$x^6 y^4$	$C_{59} = \frac{1}{17280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^6 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^4 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-59)
	$x^5 y^5$	$C_{60} = \frac{1}{14400} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^5 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^5 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-60)
	$x^4 y^6$	$C_{61} = \frac{1}{17280} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^4 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^6 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-61)
	$x^3 y^7$	$C_{62} = \frac{1}{30240} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^3 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^7 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-62)
	$x^2 y^8$	$C_{63} = \frac{1}{80640} \left(\frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^8 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-63)
	$x y^9$	$C_{64} = \frac{1}{362880} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^9 \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-64)
	y^{10}	$C_{65} = \frac{1}{3628800} \left(\frac{\partial}{\partial y} \right)^{10} \rho(x, y) \Big _{x=y=0}$	(4-65)

テイラー展開による光路差係数の説明図（その7）

[Drawing 10]



具体例1の第1のCGH素子の光学特性を示す説明図

[Drawing 11]

$m+n$	べき級数	光路差係数
0	1	$C_0=1$
2	x^2	$C_3=\frac{1}{2L}$
	y^2	$C_5=\frac{1}{2L}$
4	x^4	$C_{10}=-\frac{1}{8L^3}$
	x^2y^2	$C_{12}=-\frac{1}{4L^3}$
	y^4	$C_{14}=-\frac{1}{8L^3}$

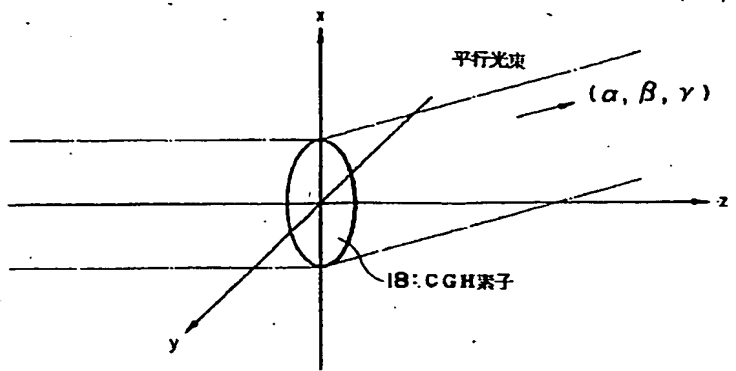
具体例1の第1のCGH素子の光路差係数の説明図（その1）

[Drawing 12]

$m+n$	べき級数	光路差係数
6	x^6	$C_{21}=\frac{1}{16L^5}$
	x^4y^2	$C_{23}=\frac{3}{16L^5}$
	x^2y^4	$C_{25}=\frac{3}{16L^5}$
	y^6	$C_{27}=\frac{1}{16L^5}$
8	x^8	$C_{38}=-\frac{5}{128L^7}$
	x^6y^2	$C_{38}=-\frac{5}{32L^7}$
	x^4y^4	$C_{40}=-\frac{15}{64L^7}$
	x^2y^6	$C_{42}=-\frac{5}{32L^7}$
	y^8	$C_{44}=-\frac{5}{128L^7}$
10	x^8	$C_{65}=\frac{7}{256L^9}$
	x^6y^2	$C_{67}=\frac{35}{256L^9}$
	x^6y^4	$C_{69}=\frac{35}{128L^9}$
	x^4y^6	$C_{81}=\frac{35}{128L^9}$
	x^2y^8	$C_{83}=\frac{35}{256L^9}$
	y^{10}	$C_{85}=\frac{7}{256L^9}$

具体例1の第1のCGH素子の光路差係数の説明図（その2）

[Drawing 13]



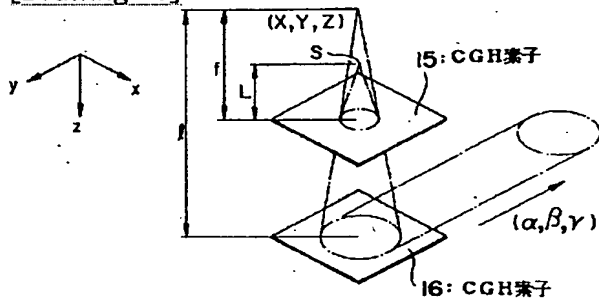
具体例1の第3のCGH素子の光学特性を示す説明図

[Drawing 14]

$m+n$	べき指数	光路差係数
0	1	$C_0=1$
1	x	$C_1 = -\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}}$
	y	$C_2 = -\frac{\beta}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}}$

具体例1の第3のCGH素子の光路差係数の説明図

[Drawing 16]



具体例2の第1および第3のCGH素子の光学特性を示す説明図

[Drawing 17]

$m+n$	べき指数	光路差係数
0	1	$C_0=1$
2	x^2	$C_2=\frac{1}{2f}$
	y^2	$C_4=\frac{1}{2f}$
4	x^4	$C_{10}=-\frac{1}{8f^3}$
	x^2y^2	$C_{12}=-\frac{1}{4f^3}$
	y^4	$C_{14}=-\frac{1}{8f^3}$

具体例2の第1のCGH素子の光路差係数の説明図（その1）

[Drawing 18]

$m+n$	べき指数	光路差係数
6	x^6	$C_{21}=\frac{1}{16f^5}$
	x^4y^2	$C_{23}=\frac{3}{16f^5}$
	x^2y^4	$C_{25}=\frac{3}{16f^5}$
	y^6	$C_{27}=\frac{1}{16f^5}$
8	x^8	$C_{36}=-\frac{5}{128f^7}$
	x^6y^2	$C_{38}=-\frac{5}{32f^7}$
	x^4y^4	$C_{40}=-\frac{15}{64f^7}$
	x^2y^6	$C_{42}=-\frac{5}{32f^7}$
	y^8	$C_{44}=-\frac{5}{128f^7}$
10	x^{10}	$C_{65}=\frac{7}{256f^9}$
	x^8y^2	$C_{67}=\frac{35}{256f^9}$
	x^6y^4	$C_{69}=\frac{35}{128f^9}$
	x^4y^6	$C_{71}=\frac{35}{128f^9}$
	x^2y^8	$C_{73}=\frac{35}{256f^9}$
	y^{10}	$C_{75}=\frac{7}{256f^9}$

具体例2の第1のCGH素子の光路差係数の説明図（その2）

[Drawing 23]

$m+n$	べき級数	光路差係数
10	$x^8 y^2$	$C_{57} = \frac{1}{258} \left(\frac{-109385x^2 y^2}{q^{15}} + \frac{6435x^6}{q^{17}} + \frac{180180xy^2}{q^{17}} - \frac{12012x^6}{q^{15}} \right. \\ \left. - \frac{90090x^4 y^2}{q^{15}} + \frac{6930x^4}{q^{13}} + \frac{13860xy^2}{q^{13}} - \frac{1260x^2}{q^{11}} - \frac{315y^2}{q^{11}} + \frac{35}{q^9} \right)$
	$x^7 y^3$	$C_{58} = \frac{21}{224} \left(\frac{12155x^2 y^3}{q^{15}} - \frac{2145x^6 y^3}{q^{17}} - \frac{15015xy^3}{q^{17}} + \frac{3003x^6}{q^{15}} + \frac{5005x^2 y^3}{q^{15}} - \frac{1155x^4 y}{q^{13}} - \frac{385xy^3}{q^{13}} + \frac{105xy}{q^{11}} \right)$
	$x^6 y^4$	$C_{59} = \frac{21}{384} \left(\frac{-66465x^4 y^4}{q^{15}} + \frac{12870x^2 y^2}{q^{17}} + \frac{32175x^4 y^4}{q^{17}} - \frac{429x^6}{q^{15}} \right. \\ \left. - \frac{12870x^4 y^2}{q^{15}} - \frac{6435x^2 y^4}{q^{15}} + \frac{495x^4}{q^{13}} + \frac{2970x^2 y^2}{q^{13}} + \frac{165y^4}{q^{13}} - \frac{135x^2}{q^{11}} - \frac{80y^2}{q^{11}} + \frac{5}{q^9} \right)$
	$x^5 y^5$	$C_{60} = \frac{21}{64} \left(\frac{7280x^3 y^5}{q^{15}} - \frac{4280x^5 y^3}{q^{17}} - \frac{4280x^3 y^5}{q^{17}} + \frac{429x^5 y}{q^{15}} \right. \\ \left. + \frac{2860x^3 y^3}{q^{15}} + \frac{429xy^5}{q^{15}} - \frac{330x^3 y}{q^{13}} - \frac{330xy^3}{q^{13}} + \frac{45xy}{q^{11}} \right)$
	$x^4 y^6$	$C_{61} = \frac{21}{384} \left(\frac{-66465x^6 y^6}{q^{15}} + \frac{32175x^4 y^4}{q^{17}} + \frac{12870x^2 y^6}{q^{17}} - \frac{6435x^4 y^2}{q^{15}} \right. \\ \left. - \frac{12870x^2 y^4}{q^{15}} - \frac{429y^6}{q^{15}} + \frac{165x^4}{q^{13}} + \frac{2970x^2 y^2}{q^{13}} + \frac{495y^4}{q^{13}} - \frac{90x^2}{q^{11}} - \frac{135y^2}{q^{11}} + \frac{5}{q^9} \right)$

具体例 2 の第 3 の CGH 素子の光路差係数の説明図 (その 5)

[Drawing 19]

$m+n$	べき級数	光路差係数
0	1	$C_0 = 1$
1	x	$C_1 = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}} \frac{X}{q}$
	y	$C_2 = \frac{\beta}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}} \frac{Y}{q}$
2	x^2	$C_3 = -\frac{1}{2} \left(\frac{X^2}{q^3} - \frac{1}{q} \right)$
	xy	$C_4 = -\frac{XY}{q^3}$
	y^2	$C_5 = -\frac{1}{2} \left(\frac{Y^2}{q^3} - \frac{1}{q} \right)$
3	x^3	$C_6 = \frac{1}{2} \left(\frac{X^3}{q^5} + \frac{X}{q^3} \right)$
	$x^2 y$	$C_7 = \frac{1}{2} \left(\frac{3XY^2}{q^5} + \frac{Y}{q^3} \right)$
	xy^2	$C_8 = \frac{1}{2} \left(\frac{3XY^2}{q^5} + \frac{X}{q^3} \right)$
	y^3	$C_9 = \frac{1}{2} \left(\frac{Y^3}{q^5} + \frac{Y}{q^3} \right)$
4	x^4	$C_{10} = -\frac{1}{8} \left(\frac{5X^4}{q^7} - \frac{8X^2}{q^5} + \frac{1}{q^3} \right)$
	$x^3 y$	$C_{11} = \frac{1}{2} \left(\frac{5X^3 Y}{q^7} + \frac{3XY}{q^5} \right)$
	$x^2 y^2$	$C_{12} = -\frac{1}{4} \left(\frac{15X^2 Y^2}{q^7} - \frac{3X^2}{q^5} - \frac{3Y^2}{q^5} + \frac{1}{q^3} \right)$
	xy^3	$C_{13} = \frac{1}{2} \left(\frac{5XY^3}{q^7} + \frac{3XY}{q^5} \right)$
	y^4	$C_{14} = -\frac{1}{8} \left(\frac{5Y^4}{q^7} - \frac{8Y^2}{q^5} + \frac{1}{q^3} \right)$

具体例 2 の第 3 の CGH 素子の光路差係数の説明図 (その 1)

[Drawing 20]

m+n	べき級数	光路差係数
5	x^5	$C_{16} = -\frac{1}{8} \left(\frac{7X^5}{q^8} - \frac{10X^3}{q^7} + \frac{3X}{q^5} \right)$
	$x^4 y$	$C_{16} = -\frac{1}{8} \left(\frac{35X^4 y}{q^9} - \frac{30X^2 y}{q^7} + \frac{3y}{q^5} \right)$
	$x^3 y^2$	$C_{17} = -\frac{1}{4} \left(\frac{35X^3 y^2}{q^9} - \frac{5X^3}{q^7} - \frac{15X y^2}{q^7} + \frac{3X}{q^5} \right)$
	$x^2 y^3$	$C_{18} = -\frac{1}{4} \left(\frac{35X^2 y^3}{q^9} - \frac{15X^2 y}{q^7} - \frac{5Y^3}{q^7} + \frac{3Y}{q^5} \right)$
	$x y^4$	$C_{19} = -\frac{1}{8} \left(\frac{35X y^4}{q^9} - \frac{30X y^2}{q^7} + \frac{3Y}{q^5} \right)$
	y^5	$C_{20} = -\frac{1}{8} \left(\frac{7Y^5}{q^8} - \frac{10Y^3}{q^7} + \frac{3Y}{q^5} \right)$
6	x^6	$C_{21} = \frac{1}{16} \left(\frac{-21X^6}{q^{11}} + \frac{35X^4}{q^9} - \frac{15X^2}{q^7} + \frac{1}{q^5} \right)$
	$x^5 y$	$C_{22} = -\frac{1}{8} \left(\frac{63X^5 y}{q^{11}} - \frac{70X^3 y}{q^9} + \frac{15X y}{q^7} \right)$
	$x^4 y^2$	$C_{23} = \frac{1}{16} \left(\frac{-315X^4 y^2}{q^{11}} + \frac{35X^4}{q^9} + \frac{210X^2 y^2}{q^9} - \frac{30X^2}{q^7} - \frac{15Y^2}{q^7} + \frac{3}{q^5} \right)$
	$x^3 y^3$	$C_{24} = -\frac{5}{4} \left(\frac{21X^3 y^3}{q^{11}} - \frac{7X^3 y}{q^9} - \frac{7X y^3}{q^9} + \frac{3X y}{q^7} \right)$
	$x^2 y^4$	$C_{25} = \frac{1}{16} \left(\frac{-315X^2 y^4}{q^{11}} + \frac{210X^2 y^2}{q^9} + \frac{35Y^4}{q^9} - \frac{15X^2}{q^7} - \frac{30Y^2}{q^7} + \frac{3}{q^5} \right)$
	$x y^5$	$C_{26} = -\frac{1}{8} \left(\frac{63X y^5}{q^{11}} - \frac{70X y^3}{q^9} + \frac{15X y}{q^7} \right)$
7	y^6	$C_{27} = \frac{1}{16} \left(\frac{-21Y^6}{q^{11}} + \frac{35Y^4}{q^9} - \frac{15Y^2}{q^7} + \frac{1}{q^5} \right)$
	x^7	$C_{28} = \frac{1}{16} \left(\frac{-63X^7}{q^{13}} + \frac{63X^5}{q^{11}} - \frac{35X^3}{q^9} + \frac{5X}{q^7} \right)$
	$x^6 y$	$C_{29} = \frac{1}{16} \left(\frac{-231X^6 y}{q^{13}} + \frac{315X^4 y}{q^{11}} - \frac{105X^2 y}{q^9} + \frac{5Y}{q^7} \right)$
	$x^5 y^2$	$C_{30} = \frac{1}{16} \left(\frac{-693X^5 y^2}{q^{13}} + \frac{63X^5}{q^{11}} + \frac{630X^3 y^2}{q^{11}} - \frac{70X^3}{q^9} - \frac{105X y^2}{q^9} + \frac{15X}{q^7} \right)$
	$x^4 y^3$	$C_{31} = \frac{5}{16} \left(\frac{-231X^4 y^3}{q^{13}} + \frac{63X^4 y}{q^{11}} + \frac{126X^2 y^3}{q^{11}} - \frac{42X^2 y}{q^9} - \frac{7Y^3}{q^9} + \frac{3Y}{q^7} \right)$

具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その2)

[Drawing 24]

m+n	べき級数	光路差係数
10	$x^3 y^7$	$C_{32} = -\frac{21}{224} \left(\frac{12155X^3 y^7}{q^{16}} - \frac{15015X^3 y^5}{q^{17}} - \frac{2145X^3 y^7}{q^{17}} + \frac{5006X^3 y^3}{q^{15}} + \frac{3003X y^5}{q^{15}} - \frac{385X^3 y}{q^{13}} - \frac{1155X y^3}{q^{13}} + \frac{105X y}{q^{11}} \right)$
	$x^2 y^8$	$C_{33} = -\frac{1}{256} \left(\frac{-109385X^2 y^8}{q^{16}} + \frac{180180X^2 y^6}{q^{17}} + \frac{6435Y^8}{q^{17}} - \frac{80080X^2 y^4}{q^{16}} - \frac{12012Y^6}{q^{15}} + \frac{13860X^2 y^2}{q^{13}} + \frac{6930Y^4}{q^{13}} - \frac{315X^2}{q^{11}} - \frac{1280Y^2}{q^{11}} + \frac{35}{q^9} \right)$
	$x y^9$	$C_{34} = -\frac{1}{128} \left(\frac{12155X y^9}{q^{16}} - \frac{25740X y^7}{q^{17}} + \frac{18018X y^5}{q^{15}} - \frac{4620X y^3}{q^{13}} + \frac{315X y}{q^{11}} \right)$
	y^{10}	$C_{35} = \frac{1}{256} \left(\frac{-2431Y^{10}}{q^{16}} + \frac{6435Y^8}{q^{17}} - \frac{6006Y^6}{q^{15}} + \frac{2310Y^4}{q^{13}} - \frac{315Y^2}{q^{11}} + \frac{7}{q^9} \right)$

具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その6)

[Drawing 21]

m+n	べき級数	光路差係数
7	$x^3 y^4$	$C_{32} = \frac{5}{16} \left(-\frac{231XY^4}{q^{15}} + \frac{128XY^2}{q^{11}} + \frac{63XY^4}{q^{11}} + \frac{7Y^3}{q^6} - \frac{42XY^2}{q^6} + \frac{3X}{q^7} \right)$
	$x^2 y^5$	$C_{33} = \frac{1}{16} \left(-\frac{693XY^5}{q^{15}} + \frac{630XY^3}{q^{11}} + \frac{63Y^5}{q^{11}} - \frac{105XY^2}{q^9} - \frac{70Y^3}{q^9} + \frac{15Y}{q^7} \right)$
	xy^6	$C_{34} = \frac{1}{16} \left(-\frac{231XY^6}{q^{15}} + \frac{315XY^4}{q^{11}} - \frac{105XY^2}{q^9} + \frac{5X}{q^7} \right)$
	y^7	$C_{35} = \frac{1}{16} \left(-\frac{93Y^7}{q^{15}} + \frac{63Y^5}{q^{11}} - \frac{35Y^3}{q^9} + \frac{5Y}{q^7} \right)$
B	x^8	$C_{36} = -\frac{1}{128} \left(\frac{428Y^8}{q^{15}} + \frac{924Y^6}{q^{13}} + \frac{630Y^4}{q^{11}} - \frac{140Y^2}{q^9} + \frac{5}{q^7} \right)$
	$x^7 y$	$C_{37} = \frac{1}{16} \left(-\frac{428XY^7}{q^{15}} + \frac{693XY^5}{q^{13}} - \frac{315XY^3}{q^{11}} + \frac{35XY}{q^9} \right)$
	$x^6 y^2$	$C_{38} = -\frac{1}{32} \left(\frac{3003XY^2}{q^{15}} - \frac{231X^6}{q^{13}} - \frac{3465XY^2}{q^{13}} + \frac{315X^4}{q^{11}} + \frac{945XY^2}{q^{11}} - \frac{105X^2}{q^9} - \frac{35Y^2}{q^9} + \frac{5}{q^7} \right)$
	$x^5 y^3$	$C_{39} = \frac{21}{16} \left(-\frac{143XY^3}{q^{15}} + \frac{33XY^5}{q^{13}} + \frac{110XY^3}{q^{13}} - \frac{30XY}{q^{11}} - \frac{15XY^3}{q^{11}} + \frac{5XY}{q^9} \right)$
	$x^4 y^4$	$C_{40} = -\frac{15}{64} \left(\frac{1001XY^4}{q^{15}} - \frac{462XY^2}{q^{13}} - \frac{462XY^2}{q^{13}} + \frac{21X^4}{q^{11}} + \frac{252XY^2}{q^{11}} + \frac{21Y^4}{q^{11}} - \frac{14X^2}{q^9} - \frac{14Y^2}{q^9} + \frac{1}{q^7} \right)$
	$x^3 y^5$	$C_{41} = \frac{21}{16} \left(-\frac{143XY^5}{q^{15}} + \frac{110XY^3}{q^{13}} + \frac{33XY^5}{q^{13}} - \frac{15XY}{q^{11}} - \frac{30XY^3}{q^{11}} + \frac{5XY}{q^9} \right)$
	$x^2 y^6$	$C_{42} = -\frac{1}{32} \left(\frac{3003XY^6}{q^{15}} - \frac{3465XY^4}{q^{13}} - \frac{231Y^6}{q^{13}} + \frac{945XY^2}{q^{11}} + \frac{315Y^4}{q^{11}} - \frac{35X^2}{q^9} - \frac{105Y^2}{q^9} + \frac{5}{q^7} \right)$
	xy^7	$C_{43} = \frac{1}{16} \left(-\frac{428XY^7}{q^{15}} + \frac{693XY^5}{q^{13}} - \frac{315XY^3}{q^{11}} + \frac{35XY}{q^9} \right)$
	y^8	$C_{44} = -\frac{1}{128} \left(\frac{428Y^8}{q^{15}} + \frac{924Y^6}{q^{13}} + \frac{630Y^4}{q^{11}} - \frac{140Y^2}{q^9} + \frac{5}{q^7} \right)$

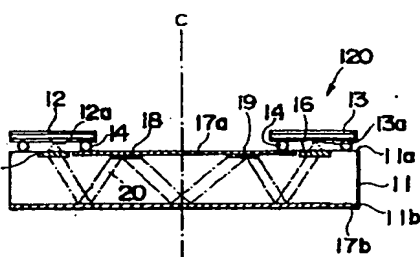
具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その3）

[Drawing 22]

m+n	べき級数	光路差係数
9	x^0	$C_{45} = \frac{1}{128} \left(\frac{715x^6}{q^{17}} - \frac{1716x^7}{q^{15}} + \frac{1386x^8}{q^{13}} - \frac{420x^9}{q^{11}} + \frac{35x}{q^9} \right)$
	$x^8 y$	$C_{46} = \frac{1}{128} \left(\frac{6435x^6 y}{q^{17}} - \frac{12012x^7 y}{q^{15}} + \frac{6930x^8 y}{q^{13}} - \frac{1260x^9 y}{q^{11}} + \frac{35y}{q^9} \right)$
	$x^7 y^2$	$C_{47} = \frac{1}{32} \left(\frac{6435x^7 y^2}{q^{17}} - \frac{429x^8 y^2}{q^{15}} + \frac{9009x^9 y^2}{q^{13}} - \frac{693x^5}{q^{13}} + \frac{3465x^3 y^2}{q^{13}} - \frac{315x^3}{q^{11}} - \frac{315x y^2}{q^{11}} + \frac{35x}{q^9} \right)$
	$x^6 y^3$	$C_{48} = \frac{7}{32} \left(\frac{2145x^6 y^3}{q^{17}} - \frac{429x^7 y^3}{q^{15}} + \frac{2145x^8 y^3}{q^{13}} - \frac{495x^4 y^3}{q^{13}} + \frac{495x^2 y^3}{q^{13}} - \frac{135x^2 y^3}{q^{11}} - \frac{15y^3}{q^{11}} + \frac{5y}{q^9} \right)$
	$x^5 y^4$	$C_{49} = \frac{21}{64} \left(\frac{2145x^6 y^4}{q^{17}} - \frac{858x^7 y^4}{q^{15}} + \frac{1430x^8 y^4}{q^{13}} - \frac{33x^5}{q^{13}} + \frac{660x^3 y^4}{q^{13}} - \frac{165x^4}{q^{13}} - \frac{30x^3}{q^{11}} - \frac{90x y^4}{q^{11}} + \frac{5x}{q^9} \right)$
	$x^4 y^5$	$C_{50} = \frac{21}{64} \left(\frac{2145x^6 y^5}{q^{17}} - \frac{1430x^7 y^5}{q^{15}} + \frac{858x^8 y^5}{q^{13}} - \frac{165x^4 y^5}{q^{13}} + \frac{660x^3 y^5}{q^{13}} - \frac{33y^5}{q^{13}} - \frac{90x^2 y^5}{q^{11}} - \frac{30y^5}{q^{11}} + \frac{5y}{q^9} \right)$
	$x^3 y^6$	$C_{51} = \frac{7}{32} \left(\frac{2145x^6 y^6}{q^{17}} - \frac{2145x^7 y^6}{q^{15}} + \frac{429x^8 y^6}{q^{13}} - \frac{495x^3 y^6}{q^{13}} + \frac{495x y^6}{q^{13}} - \frac{15x^3}{q^{11}} - \frac{135x y^6}{q^{11}} + \frac{5x}{q^9} \right)$
	$x^2 y^7$	$C_{52} = \frac{1}{32} \left(\frac{6435x^7 y^7}{q^{17}} - \frac{9009x^8 y^7}{q^{15}} + \frac{429x^9 y^7}{q^{13}} - \frac{3465x^2 y^7}{q^{13}} + \frac{693y^7}{q^{13}} - \frac{315x^2 y^7}{q^{11}} - \frac{315y^7}{q^{11}} + \frac{35y}{q^9} \right)$
	xy^8	$C_{53} = \frac{1}{128} \left(\frac{6435x^8 y^8}{q^{17}} - \frac{12012x^9 y^8}{q^{15}} + \frac{6930x^4 y^8}{q^{13}} - \frac{1260x^4 y^8}{q^{11}} + \frac{35x}{q^9} \right)$
10	y^9	$C_{54} = \frac{1}{128} \left(\frac{715y^9}{q^{17}} - \frac{1716y^7}{q^{15}} + \frac{1386y^5}{q^{13}} - \frac{420y^3}{q^{11}} + \frac{35y}{q^9} \right)$
	x^{10}	$C_{55} = \frac{1}{256} \left(\frac{-2431x^{10}}{q^{16}} + \frac{6435x^8}{q^{17}} - \frac{6006x^6}{q^{15}} + \frac{2310x^4}{q^{13}} - \frac{315x^2}{q^{11}} + \frac{7}{q^9} \right)$
	$x^0 y$	$C_{56} = \frac{1}{128} \left(\frac{12155x^9 y}{q^{16}} - \frac{25740x^7 y}{q^{17}} + \frac{18018x^5 y}{q^{15}} - \frac{4620x^3 y}{q^{13}} + \frac{315x y}{q^{11}} \right)$

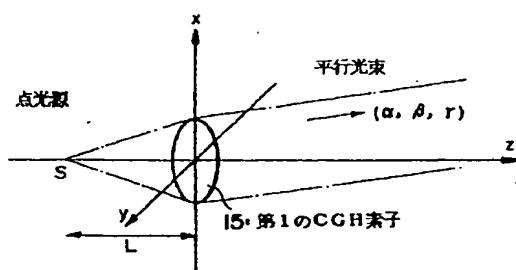
具体例2の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その4)

[Drawing 25]



本発明に係る光学装置の具体例3

[Drawing 26]



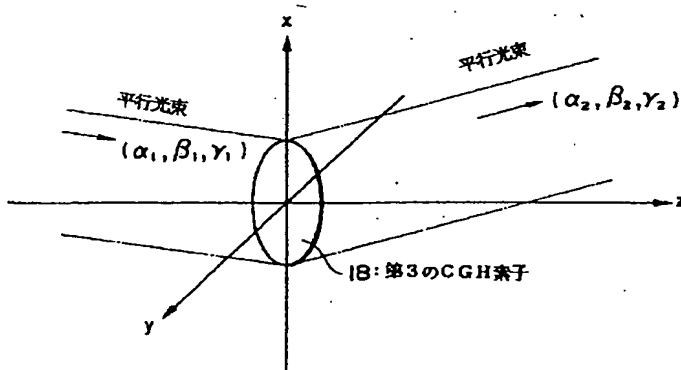
具体例3の第1のCGH素子の光学特性を示す説明図

[Drawing 27]

光路差係数	
$C_0=1$	
$C_1=\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}}$	
$C_2=-\frac{\beta}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}}$	
$C_3=C_5=\frac{1}{2L}$	
$C_{10}=C_{14}=-\frac{1}{18L^3}$	
$C_{12}=-\frac{1}{4L^3}$	
$C_{21}=C_{27}=\frac{1}{16L^5}$	
$C_{23}=C_{25}=\frac{3}{16L^5}$	
$C_{36}=C_{44}=-\frac{5}{128L^7}$	
$C_{38}=C_{42}=-\frac{5}{32L^7}$	
$C_{40}=-\frac{15}{84L^7}$	
$C_{56}=C_{65}=\frac{7}{256L^9}$	
$C_{57}=C_{63}=\frac{35}{256L^9}$	
$C_{69}=C_{81}=\frac{35}{128L^9}$	

具体例3の第1のCGH素子の光路差係数の説明図

[Drawing 28]



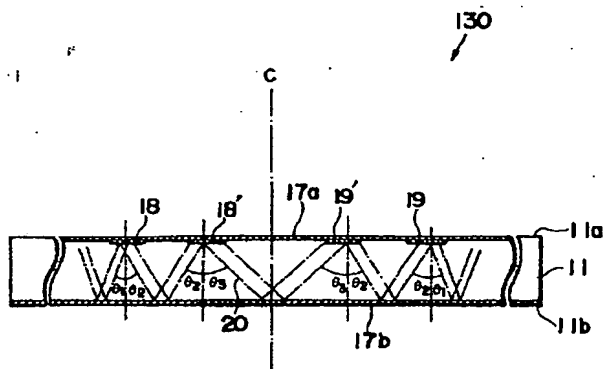
具体例3の第3のCGH素子の光学特性を示す説明図

[Drawing 29]

$m+n$	べき級数	光路差係数
0	1	$C_0=1$
1	x	$C_1 = \frac{\alpha_1}{\sqrt{\alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2}} - \frac{\alpha_2}{\sqrt{\alpha_2^2 + \beta_2^2 + \gamma_2^2}}$
	y	$C_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{\alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2}} - \frac{\beta_2}{\sqrt{\alpha_2^2 + \beta_2^2 + \gamma_2^2}}$

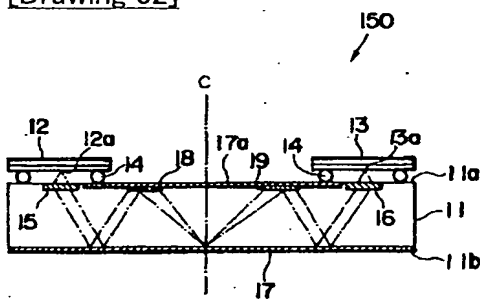
具体例3の第3のCGH素子の光路差係数の説明図

[Drawing 30]



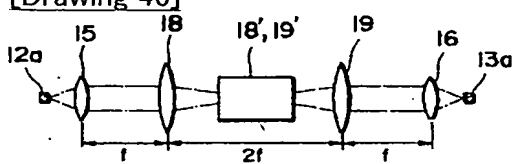
本発明に係る光学装置の具体例4の一部を概略的に示す断面図

[Drawing 32]



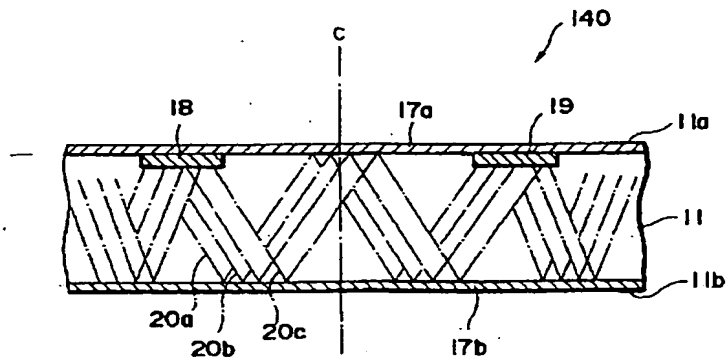
本発明に係る光学装置の具体例6を概略的に示す断面図

[Drawing 46]



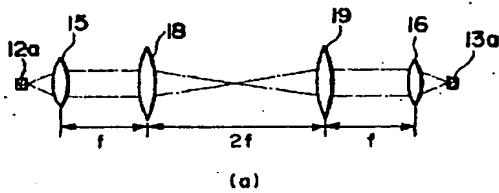
具体例9のリレーレンズ系を示す説明図

[Drawing 31]



本発明に係る光学装置の具体例5の一部を略的に示す断面図

[Drawing 33]

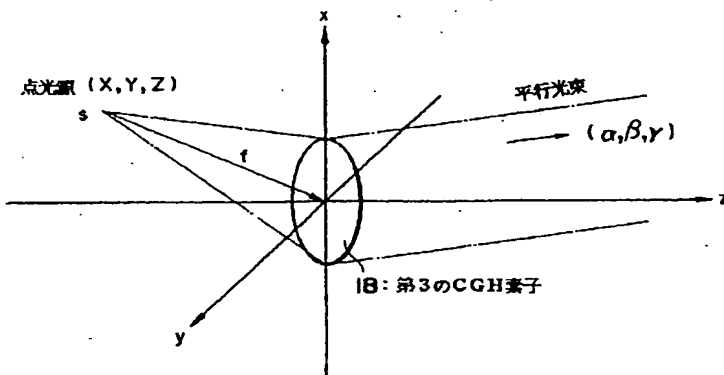


$$\begin{pmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2f \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

(b)

具体例6のリレーレンズ系の説明図

[Drawing 34]



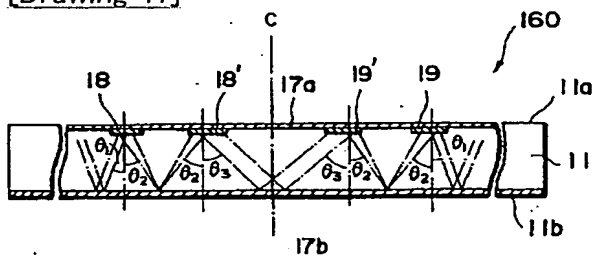
具体例6の第3のCGH素子の光学特性を示す説明図

[Drawing 39]

m+n	べき級数	光路差係数
10	$x^8 y^2$	$C_{67} = \frac{1}{256} \left(\frac{-108395xy^2}{f_{19}} + \frac{6435x^6}{f_{17}} + \frac{180180xy^2}{f_{17}} - \frac{12012x^6}{f_{15}} \right. \\ \left. - \frac{80090x^4y^2}{f_{15}} + \frac{6930x^4}{f_{13}} + \frac{13860x^2y^2}{f_{13}} - \frac{1260x^2}{f_{11}} - \frac{315y^2}{f_{11}} + \frac{35}{f_9} \right)$
	$x^7 y^3$	$C_{68} = \frac{21}{224} \left(\frac{12155y^3}{f_{19}} + \frac{2145xy}{f_{17}} + \frac{15015xy^3}{f_{17}} + \frac{3003xy}{f_{15}} + \frac{5005xy^3}{f_{15}} - \frac{1155x^3y}{f_{13}} + \frac{385xy^3}{f_{13}} + \frac{105xy}{f_{11}} \right)$
	$x^6 y^4$	$C_{69} = \frac{21}{384} \left(\frac{-66465xy^4}{f_{19}} + \frac{12870xy^2}{f_{17}} + \frac{32175xy^4}{f_{17}} - \frac{429x^6}{f_{15}} \right. \\ \left. - \frac{12870x^4y^2}{f_{15}} + \frac{6435x^2y^4}{f_{15}} + \frac{495x^4}{f_{13}} + \frac{2870x^2y^2}{f_{13}} + \frac{165y^4}{f_{13}} - \frac{135x^2}{f_{11}} - \frac{80y^2}{f_{11}} + \frac{5}{f_9} \right)$
	$x^5 y^6$	$C_{70} = \frac{21}{64} \left(\frac{7293xy^6}{f_{19}} + \frac{4280xy^4}{f_{17}} + \frac{4280xy^6}{f_{17}} + \frac{428xy^4}{f_{15}} \right. \\ \left. + \frac{2860x^3y^2}{f_{15}} + \frac{429xy^6}{f_{15}} + \frac{330xy^4}{f_{13}} + \frac{330xy^6}{f_{13}} + \frac{45xy^2}{f_{11}} \right)$
	$x^4 y^6$	$C_{71} = \frac{21}{384} \left(\frac{-66465xy^6}{f_{19}} + \frac{32175xy^4}{f_{17}} + \frac{12870xy^6}{f_{17}} - \frac{6435x^4y^2}{f_{15}} \right. \\ \left. - \frac{12870x^2y^4}{f_{15}} - \frac{429y^6}{f_{15}} + \frac{165x^4}{f_{13}} + \frac{2870x^2y^2}{f_{13}} + \frac{495y^4}{f_{13}} - \frac{90x^2}{f_{11}} - \frac{135y^2}{f_{11}} + \frac{5}{f_9} \right)$

具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その5)

[Drawing 41]



本発明に係る光学装置の具体例7の一部を略的に示す断面図

[Drawing 35]

m+n	べき級数	光路差係数
0	1	$C_0 = 1$
1	x	$C_1 = \frac{\alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 + r^2}} - \frac{x}{f}$
	y	$C_2 = \frac{n_4 b}{\sqrt{a^2 + b^2 + r^2}} - \frac{y}{f}$
2	x^2	$C_3 = -\frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{f^3} - \frac{1}{f} \right)$
	xy	$C_4 = -\frac{XY}{f^3}$
	y^2	$C_5 = -\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{f^3} - \frac{1}{f} \right)$
3	x^3	$C_6 = \frac{1}{2} \left(-\frac{x^3}{f^5} + \frac{x}{f^3} \right)$
	$x^2 y$	$C_7 = \frac{1}{2} \left(-\frac{3x^2 y}{f^5} + \frac{y}{f^3} \right)$
	$x y^2$	$C_8 = \frac{1}{2} \left(-\frac{3x y^2}{f^5} + \frac{x}{f^3} \right)$
	y^3	$C_9 = \frac{1}{2} \left(-\frac{y^3}{f^5} + \frac{y}{f^3} \right)$
4	x^4	$C_{10} = -\frac{1}{8} \left(\frac{5x^4}{f^7} - \frac{6x^2}{f^5} + \frac{1}{f^3} \right)$
	$x^3 y$	$C_{11} = \frac{1}{2} \left(-\frac{5x^3 y}{f^7} + \frac{3x y}{f^5} \right)$
	$x^2 y^2$	$C_{12} = -\frac{1}{4} \left(\frac{15x^2 y^2}{f^7} - \frac{3x^2}{f^5} - \frac{3y^2}{f^5} + \frac{1}{f^3} \right)$
	$x y^3$	$C_{13} = \frac{1}{2} \left(-\frac{5x y^3}{f^7} + \frac{3x y}{f^5} \right)$
	y^4	$C_{14} = -\frac{1}{8} \left(\frac{5y^4}{f^7} - \frac{6y^2}{f^5} + \frac{1}{f^3} \right)$

具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その1)

[Drawing 36]

$m+n$	べき級数	光路差係数
5	x^5	$C_{15} = -\frac{1}{8} \left(\frac{7X^5}{f_9} - \frac{10X^3}{f_7} + \frac{3X}{f_5} \right)$
	$x^4 y$	$C_{16} = -\frac{1}{8} \left(\frac{35X^4 Y}{f_9} - \frac{30X^2 Y}{f_7} + \frac{3Y}{f_5} \right)$
	$x^3 y^2$	$C_{17} = -\frac{1}{4} \left(\frac{35X^3 Y^2}{f_9} - \frac{5X^3}{f_7} - \frac{15XY^2}{f_7} + \frac{3X}{f_5} \right)$
	$x^2 y^3$	$C_{18} = -\frac{1}{4} \left(\frac{35X^2 Y^3}{f_9} - \frac{15X^2 Y}{f_7} - \frac{5Y^3}{f_7} + \frac{3Y}{f_5} \right)$
	xy^4	$C_{19} = -\frac{1}{8} \left(\frac{35XY^4}{f_9} - \frac{30XY^2}{f_7} + \frac{3X}{f_5} \right)$
	y^5	$C_{20} = -\frac{1}{8} \left(\frac{7Y^5}{f_9} - \frac{10Y^3}{f_7} + \frac{3Y}{f_5} \right)$
6	x^6	$C_{21} = \frac{1}{16} \left(\frac{-21X^6}{f_{11}} + \frac{35X^4}{f_9} - \frac{15X^2}{f_7} + \frac{1}{f_5} \right)$
	$x^5 y$	$C_{22} = -\frac{1}{8} \left(\frac{63X^5 Y}{f_{11}} - \frac{70X^3 Y}{f_9} + \frac{15XY}{f_7} \right)$
	$x^4 y^2$	$C_{23} = \frac{1}{16} \left(\frac{-315X^4 Y^2}{f_{11}} + \frac{35X^4}{f_9} + \frac{210X^2 Y^2}{f_9} - \frac{30X^2}{f_7} - \frac{15Y^2}{f_7} + \frac{3}{f_5} \right)$
	$x^3 y^3$	$C_{24} = -\frac{5}{4} \left(\frac{21X^3 Y^3}{f_{11}} - \frac{7X^3 Y}{f_9} - \frac{7XY^3}{f_9} + \frac{3XY}{f_7} \right)$
	$x^2 y^4$	$C_{25} = \frac{1}{16} \left(\frac{-315X^2 Y^4}{f_{11}} + \frac{210X^2 Y^2}{f_9} + \frac{35Y^4}{f_9} - \frac{15X^2}{f_7} - \frac{30Y^2}{f_7} + \frac{3}{f_5} \right)$
	xy^5	$C_{26} = -\frac{1}{8} \left(\frac{63XY^5}{f_{11}} - \frac{70XY^3}{f_9} + \frac{15XY}{f_7} \right)$
7	y^6	$C_{27} = \frac{1}{16} \left(\frac{-21Y^6}{f_{11}} + \frac{35Y^4}{f_9} - \frac{15Y^2}{f_7} + \frac{1}{f_5} \right)$
	x^7	$C_{28} = \frac{1}{16} \left(\frac{-33X^7}{f_{13}} + \frac{63X^5}{f_{11}} - \frac{35X^3}{f_9} + \frac{5X}{f_7} \right)$
	$x^6 y$	$C_{29} = \frac{1}{16} \left(\frac{-231X^6 Y}{f_{13}} + \frac{315X^4 Y}{f_{11}} - \frac{105X^2 Y}{f_9} + \frac{5Y}{f_7} \right)$
	$x^5 y^2$	$C_{30} = \frac{1}{16} \left(\frac{-693X^5 Y^2}{f_{13}} + \frac{63X^5}{f_{11}} + \frac{630X^3 Y^2}{f_{11}} - \frac{70X^3}{f_9} - \frac{105XY^2}{f_9} + \frac{15X}{f_7} \right)$
	$x^4 y^3$	$C_{31} = \frac{5}{16} \left(\frac{-231X^4 Y^3}{f_{13}} + \frac{63X^4 Y}{f_{11}} + \frac{126X^2 Y^3}{f_{11}} - \frac{42X^2 Y}{f_9} - \frac{7Y^3}{f_9} + \frac{3Y}{f_7} \right)$

具体例 6 の第 3 の CGH 素子の光路差係数の説明図 (その 2)

[Drawing 40]

$m+n$	べき級数	光路差係数
10	$x^3 y^7$	$C_{32} = -\frac{21}{224} \left(\frac{12155XY^7}{f_{19}} - \frac{15015X^3 Y^5}{f_{17}} + \frac{2145XY^7}{f_{17}} + \frac{5005XY^3}{f_{15}} + \frac{3003XY^5}{f_{15}} - \frac{385X^3 Y}{f_{13}} - \frac{1155XY^3}{f_{13}} + \frac{105XY}{f_{11}} \right)$
	$x^2 y^8$	$C_{33} = -\frac{1}{256} \left(\frac{-109395X^2 Y^8}{f_{19}} + \frac{180180X^2 Y^6}{f_{17}} + \frac{6435Y^8}{f_{17}} - \frac{90080XY^4}{f_{16}} - \frac{12012Y^8}{f_{15}} + \frac{13860X^2 Y^2}{f_{13}} + \frac{6930Y^4}{f_{13}} - \frac{315X^2}{f_{11}} - \frac{1260Y^2}{f_{11}} + \frac{35}{f_9} \right)$
	xy^9	$C_{34} = -\frac{1}{128} \left(\frac{12155XY^9}{f_{19}} - \frac{25740XY^7}{f_{17}} + \frac{18018XY^5}{f_{15}} - \frac{4620XY^3}{f_{13}} + \frac{315XY}{f_{11}} \right)$
	y^{10}	$C_{35} = \frac{1}{256} \left(\frac{-2431Y^{10}}{f_{19}} + \frac{6435Y^8}{f_{17}} - \frac{6006Y^6}{f_{15}} + \frac{2310Y^4}{f_{13}} - \frac{315Y^2}{f_{11}} + \frac{7}{f_9} \right)$

具体例 6 の第 3 の CGH 素子の光路差係数の説明図 (その 6)

[Drawing 37]

m+n		べき指数	光路差係数
7		$x^3 y^4$	$C_{32} = \frac{5}{16} \left(\frac{-231x^3 y^4}{f_{13}} + \frac{126x^3 y^2}{f_{11}} + \frac{63x y^4}{f_{11}} + \frac{7x^3}{f_9} - \frac{42x y^2}{f_9} + \frac{3x}{f_7} \right)$
		$x^2 y^5$	$C_{30} = \frac{1}{16} \left(\frac{-693x^2 y^5}{f_{13}} + \frac{630x^2 y^3}{f_{11}} + \frac{63y^5}{f_{11}} + \frac{105x^2 y}{f_9} - \frac{70y^3}{f_9} + \frac{15y}{f_7} \right)$
		$x y^6$	$C_{34} = \frac{1}{16} \left(\frac{-231x y^6}{f_{13}} + \frac{315x y^4}{f_{11}} + \frac{105x y^2}{f_9} + \frac{5x}{f_7} \right)$
		y^7	$C_{36} = \frac{1}{16} \left(\frac{-63y^7}{f_{13}} + \frac{63y^5}{f_{11}} - \frac{35y^3}{f_9} + \frac{5y}{f_7} \right)$
8		x^8	$C_{38} = -\frac{1}{128} \left(\frac{429x^8}{f_{16}} + \frac{924x^6}{f_{13}} + \frac{630x^4}{f_{11}} + \frac{140x^2}{f_9} + \frac{5}{f_7} \right)$
		$x^7 y$	$C_{37} = \frac{1}{16} \left(\frac{-429x^7 y}{f_{16}} + \frac{693x^5 y}{f_{13}} + \frac{315x^3 y}{f_{11}} + \frac{35x y}{f_9} \right)$
		$x^6 y^2$	$C_{38} = -\frac{1}{32} \left(\frac{3003x^6 y^2}{f_{16}} + \frac{231x^6}{f_{13}} - \frac{3465x^4 y^2}{f_{13}} + \frac{315x^4}{f_{11}} + \frac{945x^2 y^2}{f_{11}} + \frac{105x^2}{f_9} + \frac{35y^2}{f_9} + \frac{5}{f_7} \right)$
		$x^5 y^3$	$C_{30} = \frac{21}{16} \left(\frac{-143x^5 y^3}{f_{16}} + \frac{33x^5 y}{f_{13}} + \frac{110x^3 y^3}{f_{13}} + \frac{30x^3 y}{f_{11}} - \frac{15x y^3}{f_{11}} + \frac{5x y}{f_9} \right)$
		$x^4 y^4$	$C_{40} = -\frac{15}{64} \left(\frac{1001x^4 y^4}{f_{16}} + \frac{462x^4 y^2}{f_{13}} + \frac{462x^2 y^4}{f_{13}} + \frac{21x^4}{f_{11}} + \frac{252x^2 y^2}{f_{11}} + \frac{21y^4}{f_{11}} - \frac{14x^2}{f_9} - \frac{14y^2}{f_9} + \frac{1}{f_7} \right)$
		$x^3 y^5$	$C_{41} = \frac{21}{16} \left(\frac{-143x^3 y^5}{f_{16}} + \frac{110x^3 y^3}{f_{13}} + \frac{33x y^5}{f_{13}} + \frac{15x y^3}{f_{11}} - \frac{30x y^3}{f_{11}} + \frac{5x y}{f_9} \right)$
		$x^2 y^6$	$C_{42} = -\frac{1}{32} \left(\frac{3003x^2 y^6}{f_{16}} + \frac{3465x^2 y^4}{f_{13}} + \frac{231y^6}{f_{13}} + \frac{945x^2 y^2}{f_{11}} + \frac{315y^4}{f_{11}} + \frac{35x^2}{f_9} + \frac{105y^2}{f_9} + \frac{5}{f_7} \right)$
		$x y^7$	$C_{43} = \frac{1}{16} \left(\frac{-429x y^7}{f_{16}} + \frac{693x y^5}{f_{13}} + \frac{315x y^3}{f_{11}} + \frac{35x y}{f_9} \right)$
		y^8	$C_{44} = -\frac{1}{128} \left(\frac{429y^8}{f_{16}} + \frac{924y^6}{f_{13}} + \frac{630y^4}{f_{11}} + \frac{140y^2}{f_9} + \frac{5}{f_7} \right)$

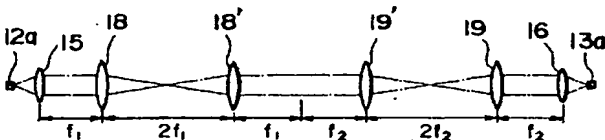
具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図（その3）

[Drawing 38]

m+n	べき級数	光路差係数
9	x^9	$C_{45} = -\frac{1}{128} \left(\frac{715x^9}{f_{17}} - \frac{1716x^7}{f_{15}} + \frac{1386x^5}{f_{13}} - \frac{420x^3}{f_{11}} + \frac{35x}{f_9} \right)$
	x^8y	$C_{46} = -\frac{1}{128} \left(\frac{6435xy^8}{f_{17}} - \frac{12012x^7y}{f_{15}} + \frac{6930x^5y}{f_{13}} - \frac{1260x^3y}{f_{11}} + \frac{35y}{f_9} \right)$
	x^7y^2	$C_{47} = -\frac{1}{32} \left(\frac{8435x^7y^2}{f_{17}} - \frac{429x^5y^2}{f_{15}} + \frac{8009x^3y^2}{f_{13}} - \frac{663x}{f_{11}} + \frac{3465x^3y^2}{f_{13}} - \frac{315x^5}{f_{11}} - \frac{315xy^2}{f_{11}} + \frac{35x}{f_9} \right)$
	x^6y^3	$C_{48} = -\frac{7}{32} \left(\frac{2145x^6y^3}{f_{17}} - \frac{429x^4y^3}{f_{15}} + \frac{2145x^2y^3}{f_{13}} - \frac{495xy^3}{f_{11}} + \frac{495x^2y^3}{f_{13}} - \frac{135xy^3}{f_{11}} - \frac{15y^3}{f_{11}} + \frac{5y}{f_9} \right)$
	x^5y^4	$C_{49} = -\frac{21}{64} \left(\frac{2145x^5y^4}{f_{17}} - \frac{858x^3y^4}{f_{15}} + \frac{1430x^3y^4}{f_{13}} - \frac{33x^6}{f_{13}} + \frac{660x^3y^2}{f_{13}} + \frac{165xy^4}{f_{13}} - \frac{30x^2}{f_{11}} - \frac{90xy^2}{f_{11}} + \frac{5x}{f_9} \right)$
	x^4y^5	$C_{50} = -\frac{21}{64} \left(\frac{2145x^4y^5}{f_{17}} - \frac{1430x^4y^3}{f_{15}} - \frac{858x^2y^5}{f_{13}} + \frac{165x^4y}{f_{13}} + \frac{660x^2y^3}{f_{13}} + \frac{33y^5}{f_{13}} - \frac{80x^2y}{f_{11}} - \frac{30y^3}{f_{11}} + \frac{5y}{f_9} \right)$
	x^3y^6	$C_{51} = -\frac{7}{32} \left(\frac{2145x^3y^6}{f_{17}} - \frac{2145x^3y^4}{f_{15}} - \frac{429xy^6}{f_{13}} + \frac{495x^3y^2}{f_{13}} + \frac{495xy^4}{f_{13}} - \frac{15x^3}{f_{11}} - \frac{135xy^2}{f_{11}} + \frac{5x}{f_9} \right)$
	x^2y^7	$C_{52} = -\frac{1}{32} \left(\frac{6435x^2y^7}{f_{17}} - \frac{8009x^2y^5}{f_{15}} - \frac{429y^7}{f_{13}} + \frac{3465x^2y^3}{f_{13}} + \frac{693y^5}{f_{13}} - \frac{315x^2y}{f_{11}} - \frac{315y^3}{f_{11}} + \frac{35y}{f_9} \right)$
	xy^8	$C_{53} = -\frac{1}{128} \left(\frac{6435xy^8}{f_{17}} - \frac{12012xy^6}{f_{15}} + \frac{6930xy^4}{f_{13}} - \frac{1260xy^2}{f_{11}} + \frac{35x}{f_9} \right)$
10	y^9	$C_{54} = -\frac{1}{128} \left(\frac{715y^9}{f_{17}} - \frac{1716y^7}{f_{15}} + \frac{1386y^5}{f_{13}} - \frac{420y^3}{f_{11}} + \frac{35y}{f_9} \right)$
	x^{10}	$C_{55} = -\frac{1}{256} \left(\frac{2431x^{10}}{f_{19}} - \frac{6435x^8}{f_{17}} + \frac{8006x^6}{f_{15}} - \frac{2310x^4}{f_{13}} - \frac{315x^2}{f_{11}} + \frac{7}{f_9} \right)$
	x^9y	$C_{56} = -\frac{1}{128} \left(\frac{12155x^9y}{f_{19}} - \frac{25740x^7y}{f_{17}} + \frac{18018x^5y}{f_{15}} - \frac{4620x^3y}{f_{13}} + \frac{315xy}{f_{11}} \right)$

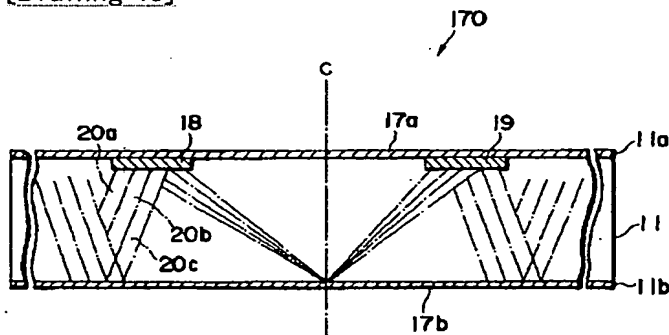
具体例6の第3のCGH素子の光路差係数の説明図(その4)

[Drawing 42]



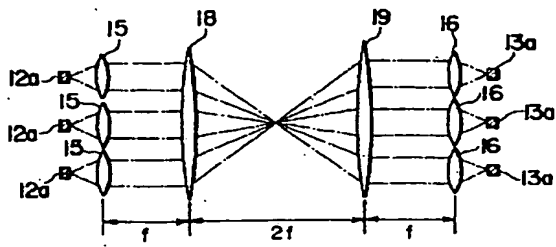
具体例7のリレーレンズ系を示す説明図

[Drawing 43]



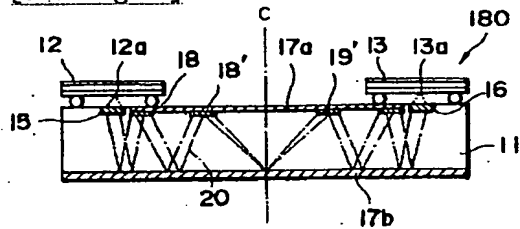
本発明に係る光学装置の具体例8の一部を概略的に示す断面図

[Drawing 44]



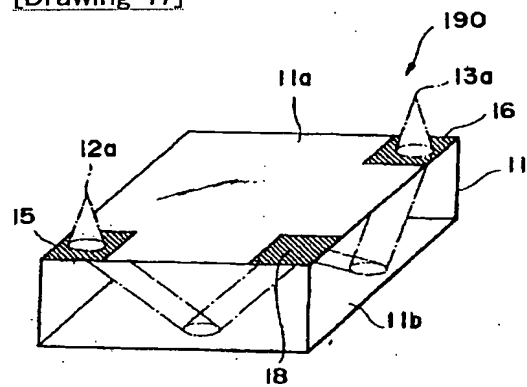
具体例8のリレーレンズ系を示す説明図

[Drawing 45]



本発明に係る光学装置の具体例9を概略的に示す断面図

[Drawing 47]



本発明に係る光学装置の具体例10を概略的に示す斜視図

[Translation done.]